

REFORÇO DE POTÊNCIA DA BARRAGEM DE PICOTE

Escavação e Contenção

CARLOS MIGUEL MONTEIRO FERREIRA

Relatório de Projecto submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM VIAS DE COMUNICAÇÃO

Orientador: Professor Doutor Jaime Manuel Queirós Ribeiro

Co-Orientador: Engenheiro José Pedro Roque Tarouca D. Gavinhos

FEVEREIRO DE 2009

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2008/2009

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2008/2009 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2008*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

A meus Pais, Esposa e Filho

*O segredo da existência humana reside não só em viver mas também em saber para que se
vive*

Fiodor Dostoievski

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, esposa e filho por todo o apoio que me deram.

Aos engenheiros e amigos Pedro Gavinhos e Ricardo Oliveira pelos ensinamentos e experiência transmitida.

Aos professores Jaime Queirós Ribeiro e Américo Pires da Costa por esta oportunidade.

Muito obrigados.

RESUMO

Numa época em que as grandes obras públicas em Portugal demoram a surgir, outros investimentos são levados a cabo, nomeadamente a construção de novas barragens ou o reforço de potência das existentes. Este tipo de empreitadas, com enorme relevância na estratégia da auto-suficiência energética do nosso país demorou décadas a ser concretizado.

Desde a concepção à execução, são projectos tecnicamente muito interessantes, e poucas pessoas são as que têm a oportunidade de acompanhar e apreender o conhecimento envolvido. Assim, é importante que toda a experiência adquirida seja registada e se possível transmitida às gerações vindouras.

Os engenheiros civis são, sem dúvida os protagonistas da obra civil envolvida neste tipo de projectos. No entanto, e dada a grande valência desta profissão existem matérias que obrigam a sua envolvimento, mas que não fazem parte da maior parte dos programas curriculares das escolas.

Assim, pretende-se com este trabalho abordar e dar a conhecer alguns métodos construtivos de escavação de galerias, poços e cavernas, os recursos afectos a este tipo de trabalhos, bem como os rendimentos de algumas actividades na empreitada de “Reforço de Potência da Barragem de Picote”.

É apresentada a Barragem de Picote, bem como a necessidade de reforço da sua potência, seguindo-se a descrição da obra, métodos construtivos, e algumas técnicas utilizadas na escavação com recurso a explosivos. Referem-se os recursos utilizados na escavação e contenção de algumas frentes de trabalho, estimando-se o valor dos respectivos custos.

Finalmente, conclui-se e analisa-se sobre alguns temas, nomeadamente rendimentos de técnicas e operações e custos associados.

PALAVRAS-CHAVE: escavação, contenção, métodos, recursos, custos.

ABSTRACT

In a time in which the great public works in Portugal fall off, other investments are carried out, such as the construction of new dams or the power reinforcement of the existent ones. This type of commissions, enormously relevant in the strategy of Portugal's energetic auto-sufficiency, has taken decades to be carried out.

From the conception to the execution, these projects are highly interesting technically and just a few people have the opportunity to accompany and apprehend the knowledge involved. So, it is important that all the experience is registered and, if possible, transmitted to future generations.

Civil engineers are, undoubtedly, the protagonists of the civil work involved in this type of projects. However, given the great importance of this profession, there are matters that require their contribution, even though they are neglect in school's curricula.

As a result, this essay intends to introduce and discuss some construction methods for the digging up of galleries, wells and caverns, the resources required, as well as the profits of certain activities from the commission "Reforço de Potência da Barragem de Picote".

Barragem de Picote and the necessity of reinforcing its power are presented, along with the description of the work, of the construction methods and of the excavation techniques which use explosives, for example. Finally, there's also reference to the resources used in the excavation, an analysis of the operations and an estimation of the costs.

KEYWORDS: digging, restriction, methods, resources and costs.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v

1. INTRODUÇÃO

1.1. APRESENTAÇÃO DA BARRAGEM DE PICOTE

1.1.1. RESENHA HISTÓRICA	1
1.1.2. O APROVEITAMENTO HIDROELÉCTRICO CONSTRUÍDO NA DÉCADA DE 50.....	2
1.1.3. JUSTIFICAÇÃO DO REFORÇO DE POTÊNCIA.....	3
1.2. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO E GEOTÉCNICO	4
1.3. OBJECTIVOS	4

2. DESCRIÇÃO DA OBRA

2.1. DESCRIÇÃO GERAL	7
2.2. TÚNEL EXISTENTE	8
2.3. TÚNEL DE ACESSO À CENTRAL II	8
2.4. GALERIAS DE ATAQUE	8
2.5. POÇO DE CABOS E VENTILAÇÃO	8
2.6. CIRCUITO HIDRÁULICO	
2.6.1. TOMADA DE ÁGUA E BOCAL DA RESTITUIÇÃO.....	8
2.6.2. GALERIA EM CARGA E GALERIA DE RESTITUIÇÃO	9
2.6.3. CENTRAL II	9
2.6.3.1. Galeria de ventilação.....	9
2.6.3.2. Corpo da central	9
2.6.3.3. Câmara do transformador	10
2.6.4. CÂMARA DAS COMPORTAS.....	10
2.6.4.1. Galeria de acesso à câmara das comportas.....	10
2.6.4.2. Câmara e poço.....	10
2.7. GALERIA DE LIGAÇÃO À CENTRAL I	10

3. MÉTODOS CONSTRUTIVOS

3.1. TÚNEIS E GALERIAS

3.1.1. DESCRIÇÃO DO MÉTODO.....	11
3.1.2. DIMENSIONAMENTO DE UM PLANO DE FOGO EM GALERIA	11
3.1.2.1. Nota introdutória	11
3.1.2.2. Escolha do explosivo.....	13
3.1.2.3. Rendimento das pegas.....	13
3.1.2.4. Determinação do diâmetro do furo largo.....	14
3.1.2.5. Determinação da distância à frente máxima para diferentes diâmetros de cartuchos de gelamonite 33	15
3.1.2.6. Dimensionamento dos quadrados do caldeiro	15
3.1.2.7. Dimensionamento dos furos de contorno e de desmonte. Diâmetros de furação da pega.....	23
3.1.2.8. Regras para implantação dos furos no plano de fogo.....	27
3.1.2.9. Regras de perfuração.....	28
3.1.2.10. Temporização	28
3.1.2.11. Plano de fogo.....	30
3.1.3. VIBRAÇÕES – ESTIMATIVA DA CARGA MÁXIMA INSTANTÂNEA ADMISSÍVEL	32
3.1.4. DETONADORES E ACESSÓRIOS	33
3.1.4.1. Tipos de detonadores.....	33
3.1.4.2. Detonadores utilizados	34
3.1.5. CONTENÇÃO	35
3.1.6. TÚNEL DE ACESSO À CENTRAL	37
3.1.6.1. Aspectos gerais de escavação.....	37
3.1.6.2. Plano de fogo para escavação	38
3.1.6.3. CONTENÇÃO	38
3.1.7. GALERIAS DE ATAQUE E GALERIA DE ACESSO À CÂMARA DAS COMPORTAS	40
3.1.7.1. Aspectos gerais de escavação.....	40
3.1.7.2. Plano de fogo para escavação	42
3.1.7.3. CONTENÇÃO	42
3.1.8. TROÇO INFERIOR DA GALERIA EM CARGA E GALERIA DE RESTITUIÇÃO	43
3.1.8.1. Aspectos gerais de escavação.....	43
3.1.8.2. Plano de fogo para escavação	45
3.1.8.3. CONTENÇÃO	45

3.1.9. GALERIA DE VENTILAÇÃO.....	46
3.1.9.1. Aspectos gerais de escavação	46
3.1.9.2. Plano de fogo para escavação.....	46
3.1.9.3. Contenção	47
3.2. POÇOS VERTICAIS – POÇO DE CABOS E VENTILAÇÃO – MÉTODO DE ESCAVAÇÃO	
3.2.1. MÉTODO DE ESCAVAÇÃO.....	47
3.2.2. BREVE APRESENTAÇÃO FOTOGRÁFICA.....	49
3.3. POÇOS INCLINADOS – TROÇO SUPERIOR INCLINADO DA GALERIA EM CARGA	50
3.4. CAVERNAS – MÉTODO DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO DA ABÓBADA DA CENTRAL II	
3.4.1. ENTRE AS COTAS 416,90 E 407,30.....	52
3.4.2. ENTRE AS COTAS 407,30 E 402,00.....	54
3.4.3. CUNHAS E PRÉ-CORTE	55
3.4.4. ATERRO	55

4. RECURSOS UTILIZADOS

4.1. ESTRATÉGIA GERAL DE ESCAVAÇÃO

4.1.1. DESCRIÇÃO	57
4.1.2. EVOLUÇÃO DOS TRABALHOS	58
4.1.3. CICLO DE OPERAÇÕES E TURNO DE TRABALHO	59
4.1.4. TURNO DE TRABALHO	62

4.2. DESCRIÇÃO DOS RECURSOS

4.2.1. MÃO-DE-OBRA DIRECTA E DE ENQUADRAMENTO	63
4.2.2. MATERIAIS	64
4.2.3. EQUIPAMENTO E REDES	65
4.2.4. SUBEMPREITADAS E OUTROS.....	66

4.3. ESTIMATIVA DE CUSTOS

4.3.1. DEFINIÇÕES	66
4.3.2. CUSTOS DIRECTOS	67
4.3.2.1. Túnel de acesso à central	67
4.3.2.2. Galeria de ataque à galeria em carga.....	69
4.3.2.3. Galeria de acesso à câmara das comportas até pK95	70
4.3.2.4. Galeria de ataque à restituição	72
4.3.2.5. Troço inferior da galeria em carga e galeria de restituição.....	73

4.3.3. CUSTOS INDIRECTOS	75
4.3.3.1. Afectação às frentes de trabalho	75
4.3.4. CUSTOS TOTAIS	81

5. ANÁLISES E CONCLUSÕES

5.1. VIBRAÇÕES	83
5.2. RENDIMENTOS	
5.2.1. PEGAS EM GALERIAS	83
5.2.2. OPERAÇÕES	85
5.2.3. RAISE BORING	88
5.3. CUSTOS	
5.3.1. ANÁLISE POR TIPO DE RECURSO.....	88
5.3.2. ANÁLISE DOS RECURSOS	88

ANEXO A1 – DESENHOS

ANEXO A2 – PLANOS DE FOGO

ANEXO A3 – TABELAS DE CÁLCULO DE CUSTOS INDIRECTOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.1.1 - Excerto retirado do jornal “O SECULO”	2
Fig.1.2 - Circuito hidráulico construído.....	3
Fig.1.3 - Cascata de aproveitamentos hidroeléctricos do Douro Internacional – Caudais instalados.....	4
Fig.2 - Esquema tridimensional da empreitada.....	7
Fig.3.1 - Nomenclatura do desmonte em túnel.....	12
Fig.3.2 - Principais dimensões da secção corrente do TAC II	12
Fig.3.3 - Diâmetro do furo largo	14
Fig.3.4 - Distância à frente livre (B) em função da concentração de carga de fundo - gelamonite.....	15
Fig.3.5 - Nomenclatura no 1º quadrado do caldeiro	15
Fig.3.6 - Concentração de carga mínima (Kg/m) e máxima distância C-C (m) para diferentes diâmetros do furo não carregado	17
Fig.3.7 - Nomenclatura no 2º quadrado do caldeiro	19
Fig.3.8 - Determinação da concentração de carga em função da distância entre centros	20
Fig.3.9 - Concentração de carga mínima (Kg/m) e máxima distância à frente para diferentes distâncias B	21
Fig.3.10 - Cálculo da carga nos furos de contorno e desmonte	23
Fig.3.11 - Desvio da perfuração no contorno.....	25
Fig.3.12 - Carga de contorno	26
Fig.3.13 - Temporização do caldeiro.....	30
Fig.3.14 - Plano de fogo teórico a aplicar no túnel de acesso à central	31
Fig.3.15 - Determinação do valor médio de K do maciço	33
Fig.3.16 - Detonadores não eléctricos tipo PRIMADET MS e LP.....	35
Fig.3.17 - Esquema de funcionamento de uma ancoragem passiva tipo “swellex”.....	36
Fig.3.18 - Esquema de execução das pregagens em varão de aço selado com calda de cimento.....	37
Fig.3.19 - Axera T11 s-315 cabin – Dimensões gerais	37
Fig.3.20 - Contenção na secção corrente do túnel de acesso à central II.....	39
Fig.3.21 - Pá mineira carregadora Scooptram ST1030	41
Fig.3.22 - Faseamento da escavação da GAGC na aproximação à GC	41
Fig.3.23 - Contenção nas GAGC e GAR	42
Fig.3.24 - Perfil da escavação faseada da galeria em carga.....	43
Fig.3.25 - Diagrama de perfuração do jumbo ROCKET Bommer E2-C22	44
Fig.3.26 - Diagrama de perfuração do jumbo Axera T11 s-315.....	44

Fig.3.27 - CONTENÇÃO na GC nas secções tipo A e B.....	45
Fig.3.28 - CONTENÇÃO na GC nas secções tipo C e D	46
Fig.3.29 - Geometria da galeria de ventilação com posição das pregagens em secção tipo B	47
Fig.3.30 - Martelo de coluna BBD 94W	47
Fig.3.31 - Esquema de escavação com recurso ao raise boring	48
Fig.3.32 - Tanques de decantação e instalação do equipamento em Fevereiro de 2008	49
Fig.3.33 - Fim da execução do furo piloto a 28 de Fevereiro de 2008.....	49
Fig.3.34 - Colocação e desmontagem da cabeça de corte em Março e Abril de 2008	49
Fig.3.35 - Recuperação do equipamento em Abril de 2008.....	50
Fig.3.36 - Inclinação aproximada do troço superior da galeria em carga	50
Fig.3.37 - Colocação do jumbo e pá mineira no intradorso da ensecadeira em Novembro de 2008...	51
Fig.3.38 - Carro de perfuração roc D3-01R.....	54
Fig.4.1 - Esquema de marcação do ponto de referência da pega	60
Fig.4.2 - Cálculo do valor total da mão-de-obra – TACII [Euros]	80
Fig.4.3 - Cálculo do valor total do equipamento e redes – TACII [Euros]	80
Fig.4.4 - Cálculo do valor total de subempreitadas e outros – TACII [Euros]	81
Fig.5 - Par de recursos com maior peso em cada frente por tipo de recurso	89

ÍNDICE DE QUADROS (OU TABELAS)

Quadro 3 – Verificação da área livre de desmonte para os tiros do caldeiro	29
Quadro 4.1 – Datas de início e fim reais e contratuais das frentes de trabalho	58
Quadro 4.2 – Custos unitários de mão-de-obra [Euros]	63
Quadro 4.3 – Custos unitários de materiais [Euros]	64
Quadro 4.4 – Custos unitários de equipamento [Euros]	65
Quadro 4.5 – Custos unitários de subempreitadas e diversos [Euros].....	66
Quadro 4.6 – Mão-de-obra directa - TACII [Euros]	67
Quadro 4.7 – Equipamento directo - TACII [Euros]	67
Quadro 4.8 – Materiais - TACII [Euros].....	68
Quadro 4.9 – Mão-de-obra directa - GAGC [Euros].....	69
Quadro 4.10 – Equipamento directo - GAGC [Euros]	69
Quadro 4.11 – Materiais - GAGC [Euros]	70
Quadro 4.12 – Mão-de-obra directa - GACC [Euros].....	70
Quadro 4.13 – Equipamento directo - GACC [Euros]	71
Quadro 4.14 – Materiais - GACC [Euros].....	71
Quadro 4.15 – Mão-de-obra directa - GAR [Euros]	72
Quadro 4.16 – Equipamento directo - GAR [Euros].....	72
Quadro 4.17 – Materiais - GAR [Euros]	73
Quadro 4.18 – Mão-de-obra directa – GC troço inferior – fases 1 e 2 [Euros]	73
Quadro 4.19 – Equipamento directo - GC troço inferior – fases 1 e 2 [Euros]	74
Quadro 4.20 – Materiais - GC troço inferior – fases 1 e 2 [Euros].....	74
Quadro 4.21 – Desenvolvimento temporal das frentes entre Ago.07 e Out. 08	76
Quadro 4.22 – Mão-de-obra - TACII [%]	77
Quadro 4.23 – Equipamento e redes - TACII [%]	78
Quadro 4.24 – Subempreitadas e outros - TACII [%]	79
Quadro 4.25 – Custos directos e indirectos totais em cada frente – [Euros].....	81
Quadro 4.26 – Custos totais dos recursos em cada frente – [Euros]	81
Quadro 5.1 – Rendimento médio das pegas para diferentes galerias.....	84
Quadro 5.2 – Valores de paragem de alguns equipamentos devidos a avarias – TACII	87
Quadro 5.3 – Rendimentos de escavação através de raise boring	88

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

B – distância à frente livre [m]

B_{máx} – distância à frente livre máxima [m]

D – diâmetro do furo [m]

E – espaçamento entre furos [m]

e – espaçador para a carga de coluna [m]

e' - espaçador para a carga de fundo [m]

€ - euro

h₀ – tamponamento [m]

h_c – comprimento de carga de coluna [m]

h_b – comprimento de carga de fundo [m]

K – constante que caracteriza as propriedades elásticas e estruturais do meio de propagação

L – desvio de furação ou “Look Out” [m]

L_{furo} = H – comprimento de furação [m]

lc – concentração de carga [Kg/m]

n – número de cartuchos na coluna

n' - número de cartuchos no fundo

N - número de furos da soleira

Q_f – carga de fundo [Kg]

Q_c – carga de coluna [Kg]

Q – caudal [m³/s]

R – distância da pega ao local de medição da velocidade [m]

V – velocidade de vibração [m/s]

Φ_{equiv} – diâmetro equivalente [m]

Φ_{teórico} – diâmetro teórico [m]

Amb – Ambiente

Ár. – Área

Adj- adjunto

Arm – Armazém

Assist. - Assistência

Ainf – Área de Influência

Adm – Administrativo

Apont. – Apontador

Abób – Abóbada

BT – Baixa Tensão

BPRF – Betão Projectado Reforçado com Fibras

Bomb. – Bomba

Compr – Comprimento

Cart – Cartucho

c/ - com

Carreg – Carregadora

Ch. – Chefe

Cont. – Contentor

Compr. – Compressor

Desp. Repres – Despesas de Representação

Escav. – Escavações

Exist – Existente

Ensec. – Ensecadeira

EPI's – Equipamentos de Protecção Individuais

Elect. – Electricista

Enc. – Encarregado

Eq. – Equipamento

Est. Proj. – Estudos e Projectos

F/F – Fêmea/Fêmea

F/M – Fêmea/Macho

Ferrame. – Ferramentaria

Fiel – Fiel de Armazém

GAAC – Galeria de Ataque à Abóbada da Central

GAR – Galeria de Ataque à Restituição
GAGC – Galeria de Ataque à Galeria em Carga
GC – Galeria em Carga
GR – Galeria de Restituição
GV – Galeria de Ventilação
Gel - Gelamonite
GL – Galeria Longitudinal
GT – Galeria Transversal
Gest. – Gestor
geotec – geotécnica
Hast – Hasteais
IE – Impedância do Explosivo
IM - Impedância do Maciço
Jan – Janeiro
LP – Atraso Normal
Lubri. – Lubrificador
Lab. – Laboratório
MS – Micro Atraso
Mart- Marteleiro
Mec. – Mecânico
Man – Manobrador
Motor. – Motorista
Multif. – Multifunções
Mobil. Escr. – Mobiliário de Escritório
NATM – New Austrian Tunneling Method
NC – Núcleo Central
PCV – Poço de Cabos e Ventilação
PK ou pK – Ponto Quilométrico ou Distância à Origem
Prod – Produção
PREP – Preparação
Prep – Preparador
P.T – Posto de Transformação
Passap. Seg – Passaporte de Segurança

Porta – Porta Miras

Qual. – Qualidade

RMR – Rock Mass Rating

RQD – Rock Quality Designation

Restit – Restituição

Serra. – Serralheiro

Serv. – Servente

Seg – Segurança

TAC II – Túnel de Acesso à Central II

T.A – Tomada de Água

Top. – Topógrafo

Transp. – Transportes

INTRODUÇÃO

1.1. APRESENTAÇÃO DA BARRAGEM DE PICOTE

1.1.1. RESENHA HISTÓRICA

Com o programa de desenvolvimento estratégico de Portugal na década de 50 denominado “assistência técnica e produtividade”, financiado pelos americanos a seguir à II Guerra Mundial através do Plano Marshall, foi possível levar a cabo o estudo da bacia hidrográfica do rio Douro, o mais relevante de todos os elaborados nesta época.

Deste estudo, elaborado por uma empresa americana, resultou em Outubro de 1952 um relatório prévio, onde era apontada a barragem de Picote como obra de primeira prioridade entre os aproveitamentos hidroeléctricos a realizar na bacia do Douro, contrariamente ao ponto de vista do ministro das Obras Públicas que considerava prioridade absoluta a pormenorização do projecto da barragem de Carrapatelo.

O relatório final foi entregue em Abril de 1953, confirmando a prioridade de realização dos aproveitamentos do Douro internacional sobre os do Douro nacional. Foi também em 1953 que se formou a Hidroeléctrica do Douro, com um corpo técnico constituído por engenheiros portugueses responsáveis pela execução do primeiro empreendimento hidroeléctrico no Douro, a barragem de Picote.

Em 1954 deu-se início às obras de construção de Picote, tendo começado a produzir em 1958. Sucederam-se os aproveitamentos de Miranda e Bemposta em 1960 e 1964, respectivamente. [1]



Fig.1.1 – Excerto retirado do jornal “O SECULO” [1]

1.1.2. O APROVEITAMENTO HIDROELÉCTRICO CONSTRUÍDO NA DÉCADA DE 50

Construída em Picote, concelho de Miranda de Douro, distrito de Bragança, foi o primeiro aproveitamento hidroeléctrico português a ser concebido apenas por engenheiros portugueses de diversas especialidades, a barragem de Picote é constituída pelos seguintes elementos:

- **Barragem de betão** em abóbada de dupla curvatura simétrica, com altura máxima de 100 metros e com um **descarregador principal de cheias** constituído por quatro pistas em “ski” com comportas;
- **Central subterrânea** com 88 metros de comprimento, cerca de 16 metros de largura e 35 metros de altura, turbina o valor máximo de $112 \text{ m}^3/\text{s}$ através de três turbinas Francis de eixo vertical. É revestida na abóbada com betão simples com duas paredes tipo tirantes que suspendem as vigas de apoio às pontes rolantes;
- **Edifícios de comando e de descarga**;
- **Subestação** com três blocos transformadores situada junto ao edifício de comando;
- **Circuito Hidráulico** constituído pela tomada de água, circuitos de adução e restituição, descarregador principal e descarregador auxiliar para evacuação de caudais de pequenas cheias com 5,5 metros de diâmetro e blindagem metálica;
- **Acessos e infra-estruturas**, entre as quais se destacam o bairro, escola, igreja, posto de saúde, pousada, etc.

Alguns anos mais tarde, foi necessário parar a tendência erosiva que se verificava a jusante da barragem, chegando o leito do rio a baixar cerca de 20 metros, após alguns anos de funcionamento. [2]

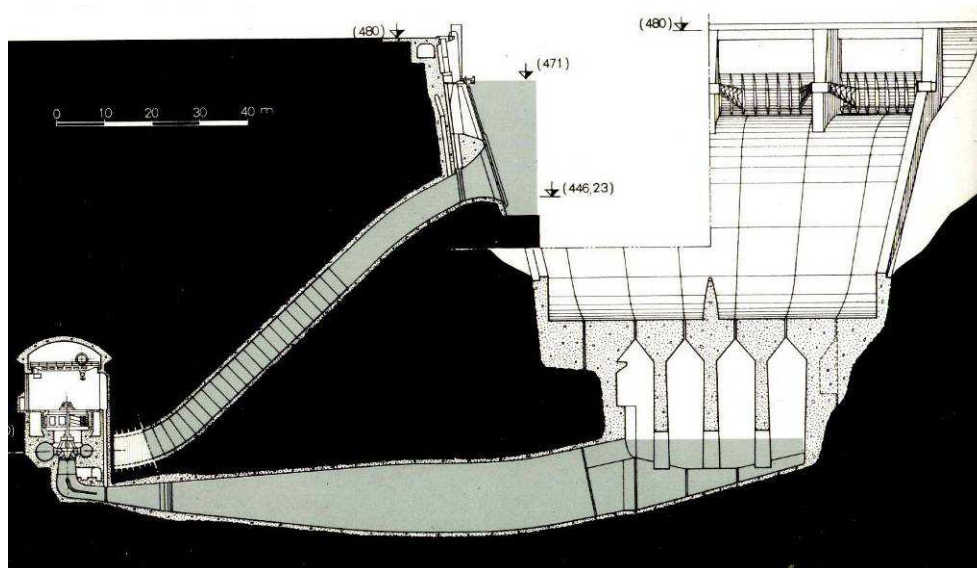


Fig.1.2 – Circuito hidráulico construído [5]

1.1.3. JUSTIFICAÇÃO DO REFORÇO DE POTÊNCIA

O reforço de potência da barragem de Picote, visa essencialmente aproximar o caudal instalado neste aproveitamento com o caudal instalado em Miranda, de forma que num futuro próximo a cascata de aproveitamentos portugueses do Douro Internacional, Miranda, Picote e Bemposta, tenham idênticos níveis de dimensionamento, conseguindo-se desta forma:

- Evitar o desperdício de energia ligada aos descarregamentos verificados ao longo dos anos no aproveitamento de Picote em períodos húmidos, em que o volume afluente é superior ao volume máximo turbinável, devido por um lado às reduzidas capacidades de regularização impostas pelas diminutas albufeiras de Miranda, Picote e Bemposta, e por outro ao pequeno caudal instalado em Picote e Bemposta, com níveis de dimensionamento bastante mais reduzidos que Miranda com $345\text{m}^3/\text{s}$, $420\text{m}^3/\text{s}$ e $764\text{m}^3/\text{s}$, respectivamente;
- Diminuir a dependência das explorações de Castro, em Espanha, e Miranda, em Portugal, relativamente à actual exploração de Picote, dada a capacidade diminuta da sua albufeira ($20,0\text{hm}^3$). [2]

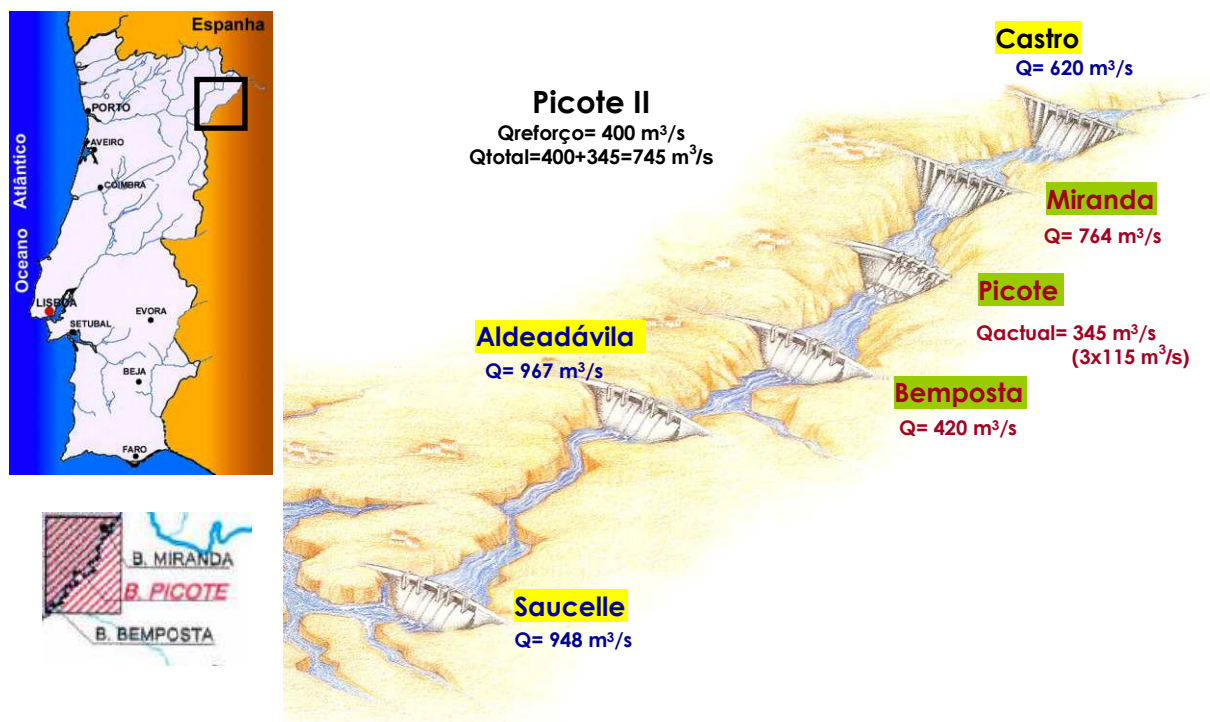


Fig.1.3 – Cascata de aproveitamentos hidroeléctricos do Douro Internacional – Caudais instalados [5]

1.2. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO E GEOTÉCNICO

A Barragem de Picote está integrada num maciço com predomínio de granito indiferenciado de duas micas, de cor azulada, de grão médio a grosseiro que, por vezes, se apresenta com afloramentos pouco alterados.

Dos vários estudos feitos a pedido do Dono de Obra, salientam-se os seguintes aspectos:

- Em profundidade é provável encontrar um maciço pouco alterado ou mesmo são e pouco fracturado, à excepção da zona correspondente à tomada de água, onde se poderá encontrar zonas muito alteradas ou decompostas;
- Junto ao rio é frequente a presença de diaclasamento subhorizontal;
- No que respeita ao diaclasamento, ou presença de falhas, identificou-se 3 famílias mais representativas e duas famílias raras;
- De uma forma geral, as diaclases apresentam uma descontinuidade média a elevada e as paredes apresentam-se pouco alteradas ou fechadas. As diaclases subhorizontais podem apresentar paredes muito alteradas. [4]

1.3. OBJECTIVOS

Inserido no âmbito do plano curricular do Mestrado Integrado de Engenharia Civil, ramo de Vias de Comunicação, leccionado na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, este projecto visa os seguintes objectivos, ordenados aleatoriamente:

- **Descrever** o método construtivo de escavação e contenção para cada uma das frentes escavadas até Janeiro de 2009 em túnel, poço e caverna, indicando as técnicas utilizadas;

- **Descrever e Valorizar** os recursos afectos à escavação e contenção de alguns túneis e galerias, mão-de-obra, materiais e equipamento, avaliando desta forma os custos directos e indirectos;
- **Analisar e concluir** sobre as técnicas utilizadas, custos e rendimentos obtidos;

Não se pretende neste projecto abordar outras áreas, nomeadamente a monitorização e respectivos planos de observação das superfícies escavadas, podendo-se no entanto, fazer quando necessário breves referências a este tema.

2

DESCRIÇÃO DA OBRA

2.1. DESCRIÇÃO GERAL

A empreitada consiste na construção de uma nova central hidroelétrica subterrânea, denominada central II, a cerca de 85 metros da central I existente, e respectivo circuito hidráulico, fazendo parte da estratégia da escavação a execução de galerias de ataque.

A figura 2.1 representa praticamente todos os elementos a construir.

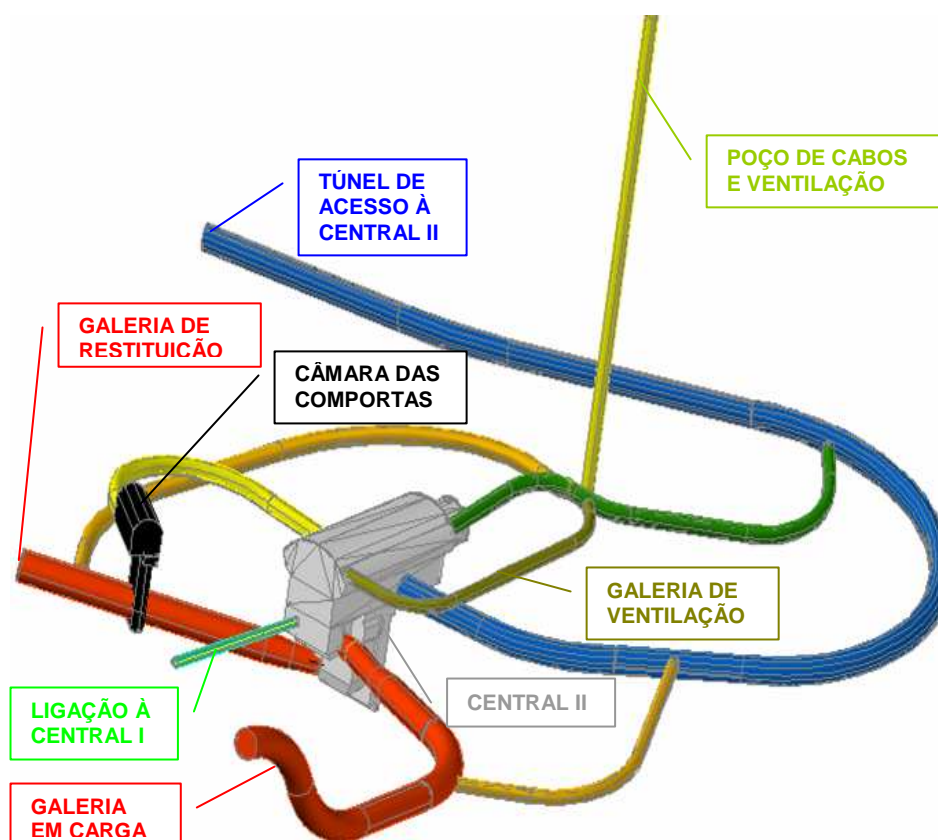


Fig.2 – Esquema tridimensional da empreitada [5]

2.2. TÚNEL EXISTENTE

Consiste numa galeria construída aquando a primeira central, ligando o edifício de comando ao edifício de descarga existentes, fazendo obrigatoriamente parte do percurso de acesso à nova central a construir.

Nesta empreitada foi necessário o alargamento da sua secção em toda a extensão, para permitir o transporte dos equipamentos de grandes dimensões para a nova central.

2.3. TÚNEL DE ACESSO À CENTRAL II

É o elemento que estabelece a ligação entre a superfície e a central subterrânea ao longo de 625 metros, com cerca de 8,5% de inclinação e 62 m² de secção semi-elíptica, cujas dimensões máximas (altura = 8 metros e largura=8,5 metros) são impostas pelo transporte dos equipamentos de grandes dimensões para a nova central.

Faz também parte da estratégia da escavação da nova central e do novo circuito hidráulico.

2.4. GALERIAS DE ATAQUE

As galerias de ataque fazem parte da estratégia da escavação do circuito hidráulico e da central II. O início de escavação destes elementos dá-se aquando o fim de escavação das galerias de ataque.

Neste projecto, foi necessário construir três galerias:

Galeria de Ataque à Abóbada da Central, desenvolvendo-se ao longo de 200 metros, com 8,6% de inclinação e que permitiu o início da escavação da nova central;

Galeria de Ataque à Restituição, com cerca de 250 metros, 14,8% de inclinação, possibilitando o ataque à escavação da galeria de restituição, sendo obturada no final da empreitada através de um rolhão de betão;

Galeria de Ataque à Galeria em Carga, com cerca de 140 metros, 14% de inclinação, através da qual se iniciou a escavação da galeria em carga, sendo igualmente obturada.

Estas três galerias têm cerca de 26m² de secção tipo circular modificada com 5m de largura e 5,5m de altura.

2.5. POÇO DE CABOS E VENTILAÇÃO

Este elemento consiste num poço vertical com cerca de 180 metros de altura e 5,10 metros de diâmetro exterior, tendo como finalidades o encaminhamento de cabos entre a câmara do transformador e o exterior, bem como a ventilação da nova central a construir.

2.6. CIRCUITO HIDRÁULICO

2.6.1. TOMADA DE ÁGUA E BOCAL DA RESTITUIÇÃO

A tomada de água corresponde ao início do circuito hidráulico, e situa-se a montante das tomadas de águas existentes, sendo constituída por dois vãos iguais divididos por um septo central e protegidos com grades metálicas.

A jusante da central, a devolução da água turbinada ao rio é feita através do bocal da restituição localizado a cerca de 120 metros a jusante da barragem.

2.6.2. GALERIA EM CARGA E GALERIA DE RESTITUIÇÃO

A jusante da tomada de água, desenvolve-se a galeria em carga conduzindo o escoamento até à nova central ao longo de aproximadamente 300 metros numa secção de escavação circular modificada com cerca de 118 m², e 12,1 metros de diâmetro exterior na secção corrente.

Deve-se considerar que a galeria em carga é constituída fisicamente por três troços, visto que cada um deles tem um procedimento próprio de revestimento, bem como estratégias distintas de escavação:

Os primeiros 80 metros, a jusante da tomada de água, constituem um troço inclinado longitudinalmente, com a forma de “pescoço de cavalo”, de forma a aumentar a velocidade do escoamento;

Os últimos 50 metros da galeria em carga imediatamente a montante da central são blindados de forma a fazer a ligação à espiral;

O comprimento restante corresponde a uma secção corrente.

A jusante da central, o escoamento realiza-se ao longo da galeria da restituição até ao bocal da restituição, onde a água é devolvida ao rio Douro. Esta galeria tem cerca de 150 metros de extensão, com uma secção variável e superior à GC. O sentido de escoamento é ascendente, tendo sido necessário proteger o grupo por jusante através de comportas a instalar na galeria.

2.6.3. CENTRAL II

2.6.3.1. Galeria de ventilação

A galeria de ventilação tem como finalidade a ventilação da central e a eventual passagem de cabos, juntamente com a galeria de ataque à abóbada da central, estabelecendo a ligação entre o poço de cabos e ventilação e a central ao longo de cerca de 155 metros. Esta galeria tem secção circular modificada constante ao longo de toda a extensão, com 3,70m de largura e 4,20m de altura, sendo a soleira revestida com 20 cm de betão simples.

2.6.3.2. Corpo da central

A central consiste numa caverna subterrânea, cujas dimensões (Comprimento 68 metros, Largura 33 metros na abóbada e 23 metros abaixo da abóbada e altura variável) permitem montar e albergar o grupo e todo o equipamento, podendo-se considerar cinco pisos: piso principal à cota 392,30; piso do alternador à cota 387,30; piso da turbina às cotas 382,80 e 383,88; acesso ao cone da aspiração à cota 373,62 e piso das válvulas de esgoto do circuito à cota 359,94.

Foi prevista ainda uma ponte rolante de grande capacidade 14 metros acima do piso principal para movimentar os equipamentos.

2.6.3.3. Câmara do transformador

Este elemento consiste numa pequena caverna para alojar o transformador à cota do piso principal da central (392,30), estando igualmente prevista uma galeria com 20 metros de comprimento para ligar estes dois corpos.

2.6.4. CÂMARA DAS COMPORTAS

2.6.4.1. Galeria de acesso à câmara das comportas

Esta galeria estende-se ao longo de aproximadamente 120 metros numa secção circular modificada com cerca de 29 m², cujas dimensões máximas garantem o acesso à câmara e o transporte dos equipamentos a instalar nesta a partir da nova central.

Esta galeria faz também parte da estratégia de escavação da câmara das comportas.

2.6.4.2. Câmara e poço

Na sequência do item 2.6.2., no que diz respeito à galeria de restituição, as comportas a instalar neste elemento têm como finalidade proteger o grupo por jusante. Assim, a instalação será feita ao longo do poço a partir da pequena câmara a construir com as dimensões em planta de 13,5 metros de largura e por 29,1 metros de comprimento, onde serão montados os órgãos de manobra das comportas.

O poço é o elemento que materializa a ligação entre a câmara e a galeria de restituição.

2.7. GALERIA DE LIGAÇÃO À CENTRAL I

A ligação entre a central antiga e a nova, será garantida através de uma galeria a construir, com secção circular de 3,5 metros de diâmetro e inclinação de 7,8% ao longo de cerca 70 metros.

Esta galeria liga o piso do alternador da nova central à parte final da galeria de ataque à central I já existente.

3

MÉTODOS CONSTRUTIVOS

3.1. TÚNEIS E GALERIAS

3.1.1. DESCRIÇÃO DO MÉTODO

Na sequência do ponto 1.2, estamos na presença de um maciço rochoso que exige o recurso a explosivos para efectuar a sua escavação. Neste tipo de terreno, o avanço é permitido sem contenção, excepto para zonas diaclasadas, onde se exige contenção provisória mais ou menos imediata.

O método construtivo utilizado na abertura destes túneis e galerias é designado por NATM (New Austrian Tunneling Method), que consiste essencialmente em efectuar imediatamente após o desmorte, a contenção primária do maciço, com betão projectado e/ou pregagens, de forma a controlar as deformações do maciço até este atingir as condições de equilíbrio, monitorizando o mesmo se necessário com leituras de convergências. Este método é bastante utilizado, permitindo ajustar as medidas de contenção às características do maciço escavado, bem como às secções escavadas e a escavar.

O desmorte é executado com base na técnica “Drill and Blast”, que consiste em executar um esquema de furação na frente do túnel, carregar os furos com explosivos e detoná-los, segundo uma sequência pré definida. A reacção explosiva gera energia em forma de pressão de gases e energia de vibração capaz de quebrar a rocha. [6]

3.1.2. DIMENSIONAMENTO DE UM PLANO DE FOGO EM GALERIA [6]

O dimensionamento teórico do plano de fogo a aplicar no túnel de acesso à central é apresentado integralmente de seguida. Este plano será tomado como exemplo de dimensionamento, pelo que doravante os planos de fogos das galerias serão apresentados sem os cálculos que os determinam.

3.1.2.1. Nota introdutória

O dimensionamento de um plano de fogo em galeria, consiste essencialmente na determinação do tipo de explosivo a usar, nº de furos, distância entre furos, diâmetros de furação, carga de explosivo por furo, tamponamento do furo, distribuição geométrica dos furos na frente, sequência de rebentamento dos furos, entre outros parâmetros, conforme nomenclatura indicada na figura seguinte.

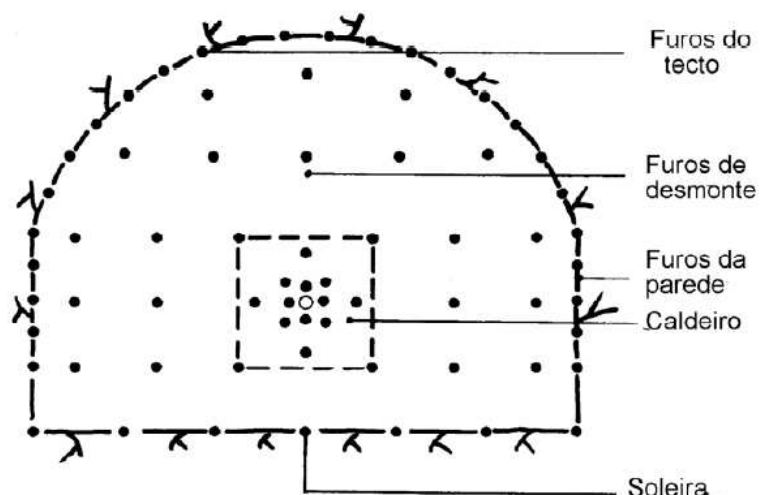


Fig.3.1 – Nomenclatura do desmonte em túnel [6]

Note-se que para túneis com secção superior a 25 m², normalmente existe ainda uma fiada de furos de desmonte entre o caldeiro e a soleira chamados furos ascendentes.

O **caldeiro** é a primeira zona do túnel a desmontar e é constituído geralmente por 16 furos carregados que formam 4 quadrados independentes, e 2 furos não carregados. Todos os planos de fogo têm 4 quadrados, com excepção de galerias de pequena secção (Ex: Túnel Ferroviário).

Os **furos de desmonte** dividem-se em ascendentes, descendentes e horizontais, conforme a sua posição relativa ao caldeiro e constituem a segunda zona do túnel a desmontar.

Os **furos de contorno**, dividem-se em furos de parede ou hasteal, de tecto e de soleira, sendo os últimos a rebentar pela mesma ordem.

A secção corrente do túnel de acesso à central é a apresentada na figura seguinte:

$$\text{Perímetro (abób+last)} = 21,64\text{m}$$

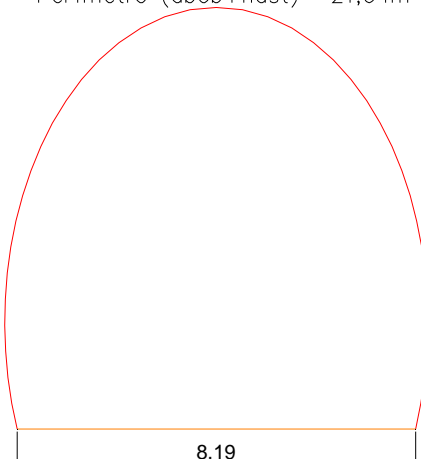


Fig.3.2 – Principais dimensões da secção corrente do TAC II

3.1.2.2. Escolha do explosivo

O tipo de explosivo a usar para o desmonte deste maciço, além de garantir as condições de segurança, deve ter alta potência e elevada velocidade de detonação, ser resistente à água e mais denso que esta, devendo cumprir a seguinte condição:

$$(IE) \geq (IM) \quad (3.1.),$$

Sendo IE, a impedância do explosivo e IM a impedância do maciço, com:

$$IE = \text{Velocidade detonação} \times \text{Densidade do Explosivo} \quad (3.2.),$$

$$IM = \text{Velocidade sísmica do maciço} \times \text{Densidade do maciço} \quad (3.3.),$$

$$\text{Velocidade sísmica do granito são} \cong 2600 \frac{m}{s} \quad [10]$$

$$\text{Densidade média do granito são} \cong 2660 \frac{Kg}{m^3} \quad [11],$$

Resulta a necessidade de utilização de um explosivo gelatinoso tendo-se optado pela **gelamonite 33**, com as seguintes características:

$$\text{Velocidade detonação} = 5300 \frac{m}{s}$$

$$\text{Densidade} = 1400 \frac{Kg}{m^3} \quad [12]$$

De notar, que o maciço em questão terá certamente velocidade sísmica e densidades inferiores, pois não se trata de um meio homogéneo, tal como o granito são.

3.1.2.3. Rendimentos das pegs

Chama-se rendimento de uma pega à relação entre o avanço desta e o comprimento de furação da mesma. O rendimento depende de muitos factores, os mais influentes:

- Propriedades elásticas e estruturais do maciço (ex: grau de fracturação);
- Prazo de execução do trabalho e comprimento de furação;
- Equipamento de furação disponível;
- Paralelismo entre os diversos furos do plano;
- Diâmetro de furação.

Se o maciço for muito alterado, fracturado ou diaclasado, perde-se parte da energia gerada pela reacção explosiva pelos planos de diaclasamento, pelo que se deve esperar rendimentos mais baixos;

O equipamento de perfuração utilizado na obra permite a furação com **4 metros** de comprimento, conforme pretendido. [7]

Para efeitos de cálculo, considero que pretendo ter **92%** de rendimento médio, o que verificado em obras similares, mostrou-se ser bastante ambicioso.

3.1.2.4. Determinação do diâmetro do furo largo

Para que ocorra o desmonte da rocha, terão que existir sempre pelo menos duas frentes livres.

Num túnel, é assim necessária a abertura de uma nova frente livre para garantir que a reacção explosiva parte e “arranca” a rocha. Um dos métodos utilizados para criar essa frente, denominado “*Large hole cut*”, consiste executar um furo (ou furos) com diâmetro superior ao dos furos normais da pega, chamados “*furos largos*” ou “*furos vazios*”, que não são carregados, funcionando como abertura ou frente livre. [6]

Assim, para um rendimento de 92% e uma furação de 4 m, temos um furo largo com 127 mm, conforme figura seguinte.

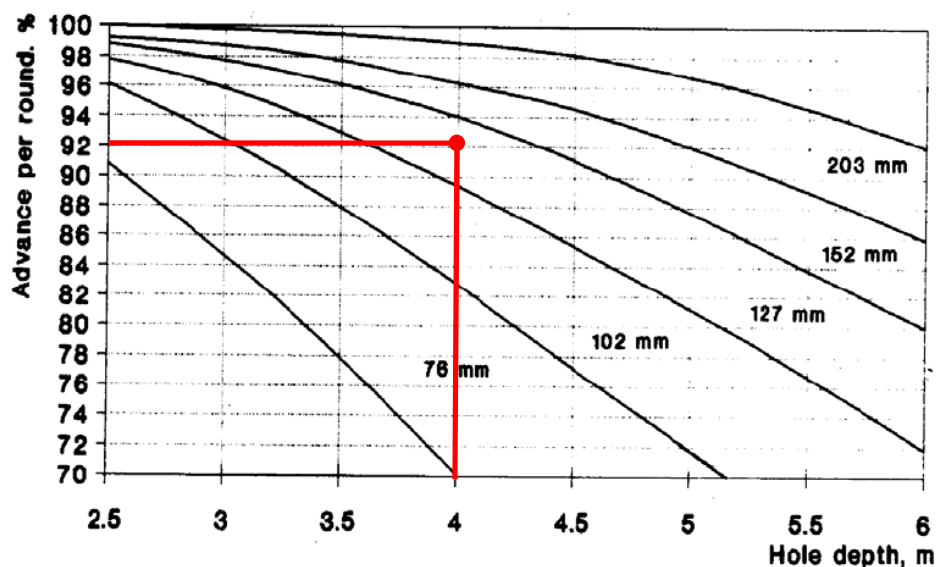


Fig.3.3 – Diâmetro do furo largo [6]

Por motivos de disponibilidades no mercado, interessou aquando os aprovisionamentos a utilização do acessório de furação de 102 mm, pelo que se optou por executar **2 furos vazios de 102 mm** no lugar de um único furo de 127 mm. Assim, faz-se a verificação desta possibilidade, calculando o diâmetro teórico equivalente obtido com 2 furos de 102 mm que deverá ter no mínimo 127 mm de diâmetro.

$$\phi_{equiv} = D \times \sqrt{n} \quad (3.4.),$$

com:

$$\phi_{equiv} = \text{diâmetro equivalente}; D = \text{diâmetro de cada furo}, n = n^{\circ} \text{ de furos}$$

vem:

$$\phi_{equiv} = 102 \times \sqrt{2} = 144\text{mm} > 127\text{mm}, \text{ ok! , verifica a condição.}$$

De notar que, doravante e por forma a salvaguardarmos o dimensionamento dos parâmetros seguintes, todos cálculos serão feitos com $\phi = \phi_{teórico} = 127\text{ mm}$.

Raramente a furação é inferior a 2,5 metros, daí que na figura anterior, é este o valor mínimo da profundidade de furo.

3.1.2.5. Determinação da distância à frente máxima para diferentes diâmetros de cartuchos de gelamonite 33

$B_{m\acute{a}x}$, chamado distância à frente máxima, corresponde para um dado calibre de cartucho de um determinado explosivo, à máxima distância entre o furo carregado com este calibre e a frente livre de desmonte.

Chama-se concentração de carga de um explosivo à quantidade deste por metro de furo, pelo que se entende que a maiores calibres corresponde maiores concentrações de carga.

Sendo que é usual usar-se calibres baixos na escavação de túneis, a construção na figura seguinte, mostra a determinação de $B_{m\acute{a}x}$ para os calibres comerciais de 26, 32 e 40 mm:

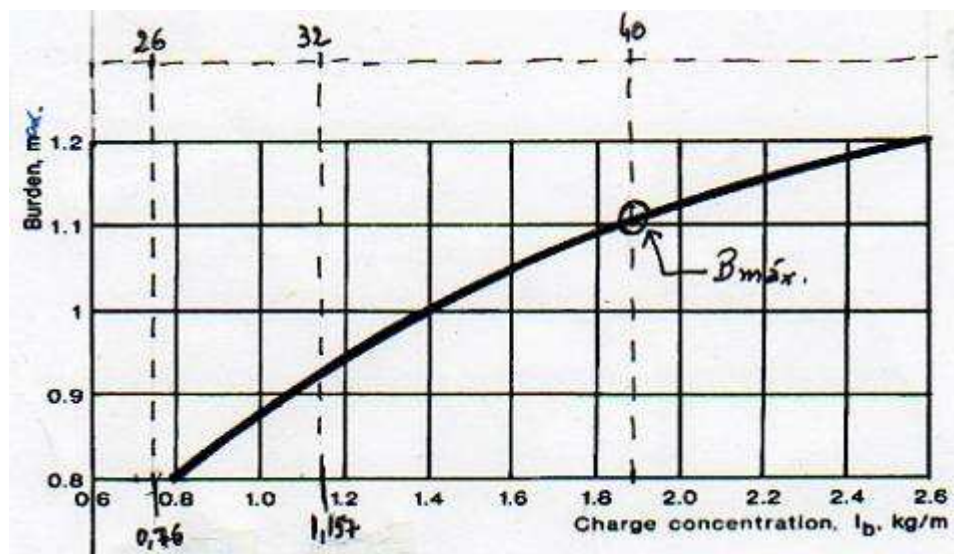


Fig.3.4 – Distância à frente livre (B) em função da concentração de carga de fundo - gelamonite [6]

Conclui-se assim, que $B_{m\acute{a}x}$ corresponde ao calibre 40 e tem o valor de 1.1, isto é, **$B_{m\acute{a}x}=1,1$** .

3.1.2.6. Dimensionamento dos quadrados do caldeiro

- **1º Quadrado**
 - **Determinação da distância à frente e do espaçamento entre furos**

Sendo:

$B = a$ = distância à frente;

E = espaçamento entre furos, conforme figura seguinte,

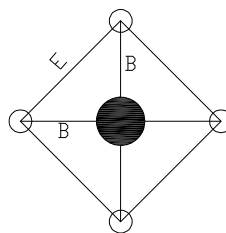


Fig.3.5 – Nomenclatura no 1º quadrado do caldeiro

Com

$$a = 1,5D \text{ (3.5.)};$$

$$E = B \sqrt{2} \text{ (3.6.)};$$

$$B \leq B_{\text{máx}} \text{ (3.7.)};$$

e

$$D = \text{Diâmetro teórico (127 mm)},$$

vem

$$a=B= 0,19 \text{ m};$$

$$E= 0,269 \text{ m}.$$

Note-se que para valores de $a < 1,5D$, existe o risco de cruzar o furo com o furo largo durante a furação, e se $a > 1,5D$, a rocha fragmenta, mas não desmonta.

Note-se também que em caso de $B > B_{\text{máx}}$, então toma-se $B = B_{\text{máx}}$.

▪ **Determinação da concentração de carga mínima, L_c**

Como a zona mais confinada de um furo é o fundo do mesmo, a “quantidade necessária de explosivo” para fracturar e desmontar a rocha diminui à medida que nos aproximamos do início do furo. Assim, é usual distinguir-se para um dado furo carga de fundo (Q_f) e carga de coluna (Q_c).

No entanto, no primeiro quadrado não se faz essa distinção, pois nesta zona pretende-se o maior desmonte possível para obtenção de bons rendimentos. Assim, temos uma concentração de carga contínua, L_c , que não poderá ter um valor demasiado baixo para garantir a fracturação da rocha, nem demasiado alto, para evitar que a rocha fragmentada seja “atirada” contra a parede oposta do furo largo, compactando-a e não a expelindo pelo furo.

Assim, para $B=0,19=\text{Max } C$ e $a=1,5D$, vem $L_c= 0,4 \text{ Kg/m}$, conforme figura seguinte.

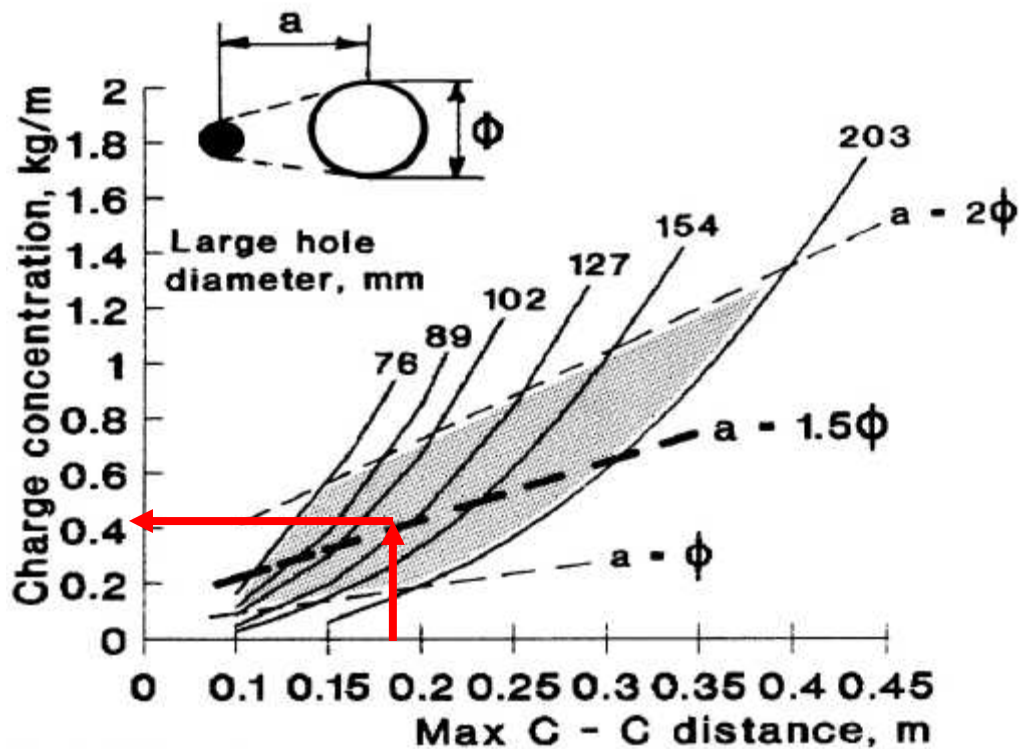


Fig.3.6 – Concentração de carga mínima (Kg/m) e máxima distância C-C (m) para diferentes diâmetros do furo não carregado [6]

Comercialmente, para cumprir $L_c = 0,4$ Kg/m, podemos seleccionar **gelamonite 33 26x200**, verificando-se que $0,76 > 0,4$.

▪ Determinação do tamponamento, h_0

Tamponamento, é a forma de tapar o furo depois de carregado de maneira a evitar a fuga dos gases pela “boca” do furo, bem como diminuir a projecção de fragmentos. Pode-se utilizar argila, ou cartão embebido em água aproveitando as próprias caixas de transporte do explosivo. Segundo a legislação em vigor, “*O atacamento não pode ter um comprimento inferior a 20 cm*”. [13]

$$h_0 = 0,5 \times B \quad (3.8.)$$

$$h_0 [m] \geq 0,2 \quad (3.9.)$$

Com $B=0,19$, vem

$$h_0 = 0,095$$

De forma a cumprir a condição (3.8.), $h_0 = 0,2$ m.

- **Determinação do comprimento de carga, h_c**

$$h_c = \text{Comprimento de Furação} (L_{\text{furo}}) - h_0 \quad (3.10.)$$

Com $L_{\text{furo}}=4$ m e $h_0=0,2$ m, vem

$$h_c = 3,80 \text{ m.}$$

- **Determinação da carga do furo, Q_c**

$$Q_c = h_c \times L_c \quad (3.11.)$$

Com $h_c= 3,80$ m e $L_c= 0,4$ Kg/m, vem

$$Q_c = 1,52 \text{ Kg.}$$

- **Determinação do nº de cartuchos, n**

$$n = \frac{Q_c}{(\text{Peso cartucho})} \quad (3.12.)$$

Conhecendo o peso de um cartucho de gelamonite 33 26x200 é de 0,152 Kg [12], vem

$$n = 10 \text{ cartuchos de gelamonite 33 26x200.}$$

- **Determinação do espaçador, e**

Como o comprimento dos furos é de 4 metros, terá que se distribuir uniformemente os 10 cartuchos por cada furo, usando para o efeito tubos de plástico abertos longitudinalmente onde se introduz os cartuchos separados do valor “e”. Estes tubos, denominados “tubos ómega”, comprimem os cartuchos, mantendo-os nas posições colocadas. [12]

Assim, sendo l = comprimentos dos cartuchos = 200 mm= 0,2 m vem:

$$e = \frac{h_c - (n \times l)}{n - 1} \quad (3.13.)$$

$$e = 20 \text{ cm.}$$

▪ **Determinação da carga total do furo (Q_{furo}^{total})**

Quando os cartuchos de explosivos estão espaçados, é usual utilizar-se um acessório de tiro chamado cordão detonante que se coloca ao longo do furo em contacto com os cartuchos garantindo a iniciação destes.

Este cordão é constituído por um explosivo chamado “pentrite” protegido e envolvido por um recobrimento de plástico, variando o seu peso com a quantidade de pentrite por metro linear.

Para este efeito, pode-se usar cordão de 6g/m.l, pelo que a carga total do furo corresponde ao peso dos 10 cartuchos de gelamonite 33 26x200 acrescido do valor do peso do cordão detonante:

$$Q_{furo}^{total} = (n \times peso_{cartucho}) + peso_{cordão\ detonante} \quad (3.14.)$$

$$Q_{furo}^{total} = (10 \times 0,152) + 0,006 = 1,526 \text{ Kg}$$

▪ **Determinação da carga total do quadrado ($Q_{quadrado}$)**

$$Q_{quadrado} = Q_{furo}^{total} \times 4 \quad (3.15.)$$

$$Q_{quadrado} = 1,526 \times 4 = 5,53 \text{ Kg}$$

▪ **2º Quadrado**

Pretende-se apresentar de seguida a determinação dos mesmos parâmetros calculados para o 1º quadrado, mas não repetindo explicações descritivas de cálculo.

▪ **Determinação da distância à frente e do espaçamento entre furos**

Com base nas figuras seguintes:

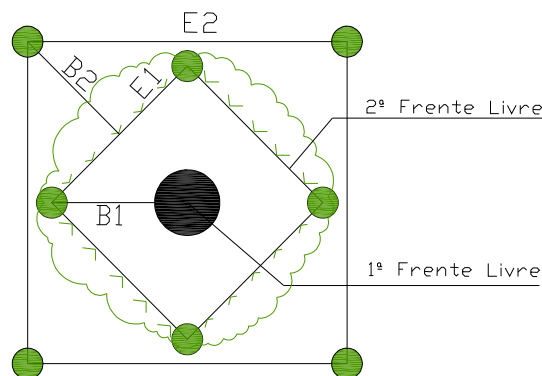


Fig.3.7 – Nomenclatura no 2º quadrado do caldeiro

The cut:

1st square:

$$a = 1.5 \varnothing$$

$$W_1 = a\sqrt{2}$$

\varnothing mm	=	76	89	102	127	154
------------------	---	----	----	-----	-----	-----

a mm	=	110	130	150	190	230
------	---	-----	-----	-----	-----	-----

W_1 mm	=	150	180	210	270	320
----------	---	-----	-----	-----	-----	-----

2nd square:

$$B_1 = W_1$$

$$C-C = 1.5W_1$$

$$W_2 = 1.5W_1\sqrt{2}$$

\varnothing mm	=	76	89	102	127	154
------------------	---	----	----	-----	-----	-----

W_1 mm	=	150	180	210	270	320
----------	---	-----	-----	-----	-----	-----

C-C	=	225	270	310	400	480
-----	---	-----	-----	-----	-----	-----

W_2 mm	=	320	380	440	560	670
----------	---	-----	-----	-----	-----	-----

3rd square:

$$B_2 = W_2$$

$$C-C = 1.5W_2$$

$$W_3 = 1.5W_2\sqrt{2}$$

\varnothing mm	=	76	89	102	127	154
------------------	---	----	----	-----	-----	-----

W_2 mm	=	320	380	440	560	670
----------	---	-----	-----	-----	-----	-----

C-C	=	480	570	660	840	1000
-----	---	-----	-----	-----	-----	------

W_3 mm	=	670	800	930	1180	1400
----------	---	-----	-----	-----	------	------

4th square:

$$B_3 = W_3$$

$$C-C = 1.5W_3$$

$$W_4 = 1.5W_3\sqrt{2}$$

\varnothing mm	=	76	89	102	127	154
------------------	---	----	----	-----	-----	-----

W_3 mm	=	670	800	930	1180	1400
----------	---	-----	-----	-----	------	------

C-C	=	1000	1200	1400	1750	
-----	---	------	------	------	------	--

W_4 mm	=	1400	1700	1980	2400	
----------	---	------	------	------	------	--

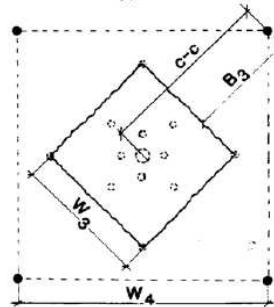
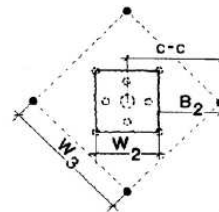
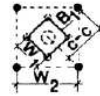


Fig.3.8 – Determinação da concentração de carga em função da distância entre centros [6]

Resulta, para o 2º quadrado:

$$B_2 = E_1 = 0,27 \text{ m} < 1,1 \Rightarrow \text{ok!} \quad (3.16.)$$

$$E_2 = 1,5 \times E_1 \times \sqrt{2} = 0,57 \text{ m} \quad (3.17.)$$

Deve-se usar a figura anterior também para os 3º e 4º quadrados para determinar os parâmetros B e E.

▪ **Determinação da concentração de carga de coluna, Lc**

$$B_2 = 0,27 \text{ m}$$

Linha $B_2 = E_1$ [$B = W$], da figura que se segue,

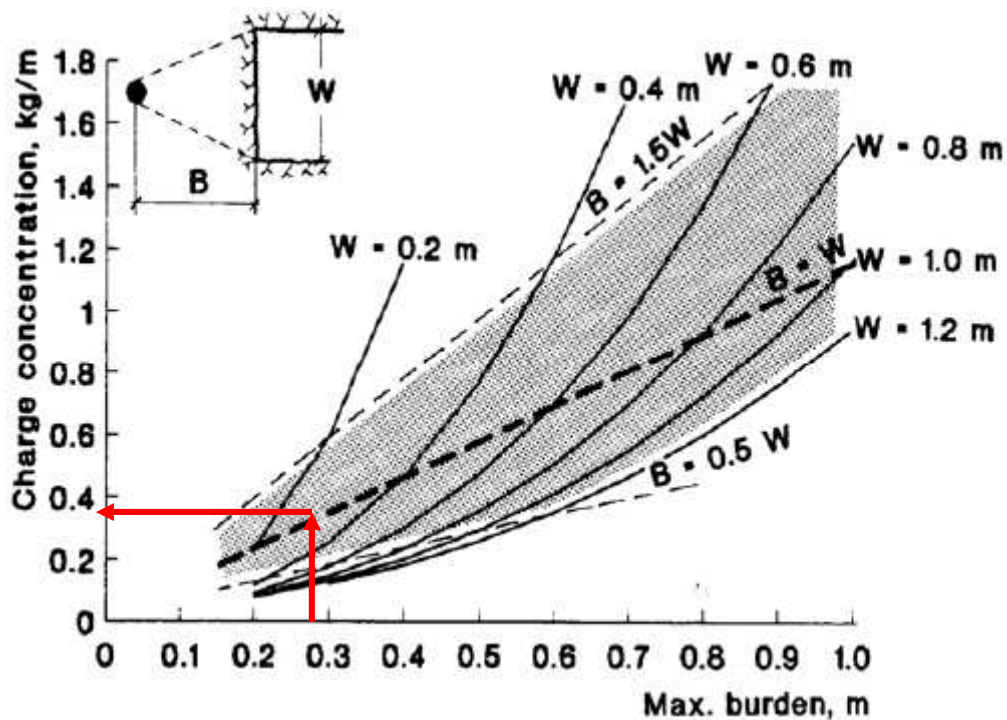


Fig.3.9 – Concentração de carga mínima (Kg/m) e máxima distância à frente para diferentes distâncias B [6]

Vem

$$L_c = 0,33 \text{ Kg/m}$$

$L_c = 0,33 \text{ Kg/m} < 0,76 \text{ Kg/m}$, podemos seleccionar **gelamonite 33 26x200**.

▪ **Determinação da concentração de carga de fundo, L_B**

$$L_B = 2 \times L_c = 2 \times 0,33 = 0,66 < 0,76 \Rightarrow \text{Gelamonite 33 26} \times 200 \quad (3.18.)$$

▪ **Determinação do tamponamento, h_0**

$$h_0 = 0,5 \times B_2 = 0,5 \times 0,27 = 0,13 \text{ m} \quad (3.19.)$$

De forma a cumprir a condição $h_0 [m] \geq 0,2$, vem **$h_0 = 0,20 \text{ m}$**

▪ **Determinação do comprimento da carga de fundo, h_b**

$$h_b = 1,5 \times B_2 = 1,5 \times 0,27 = 0,40 \text{ m} \quad (3.20.)$$

▪ **Determinação do comprimento da carga de coluna, h_c**

$$h_c = L_{\text{furo}} - h_0 - h_b = 3,40 \text{ m} \quad (3.21.)$$

▪ **Determinação das cargas de coluna e fundo do furo, Q_c , Q_b**

$$Q_b = h_b \times L_B = 0,27Kg \quad (3.22.)$$

$$Q_c = h_c \times L_C = 1,12Kg \quad (3.23.)$$

- **Determinação do nº de cartuchos na coluna, n**

$$n = \frac{1,12}{0,152} = 8 \text{ cartuchos}$$

- **Determinação do nº de cartuchos no fundo, n´**

$$n' = \frac{0,27}{0,152} = 2 \text{ cartuchos}$$

- **Determinação do espaçador para a carga de coluna, e**

$$e = \frac{h_c - \left[(n' \times \text{compr cart}) - h_b \right] - (n \times \text{compr cart})}{n - 1} \quad (3.24.)$$

$$e = 0,26 m$$

- **Determinação do espaçador para a carga de fundo, e´**

$$e' = \frac{h_b - n' \times \text{comprimento dos cartuchos}}{n' - 1} \quad (3.25.)$$

$$e' = 0$$

- **Determinação da carga total do furo (Q_{furo}^{total}) e carga total do quadrado ($Q_{quadrado}$)**

$$Q_{furo}^{total} = 10 \times 0,152 = 1,52Kg$$

$$Q_{quadrado} = 4 \times 1,52 = 6,08Kg$$

- **3º e 4º Quadrados**

Os parâmetros referentes ao 3º e 4º quadrados, são determinados da mesma forma que o segundo o primeiro e segundo quadrado, não esquecendo de respeitar sempre todas as condições, entre as quais se destacam:

$$B_{n+1} = E_n < 1,1 \quad (3.26.)$$

$$E_{n+1} = 1,5 \times E_n \times \sqrt{2} \quad (3.27.)$$

$$B=W \text{ (3.28.)}$$

$$\text{Se } B > 1,1 \Rightarrow \text{Tomar } B = 1,1 \text{ (3.29.)}$$

Mostra-se de seguida os resultados obtidos, sem apresentar os cálculos análogos aos 1º e 2º quadrados:

▪ **3º quadrado**

2 velas de gelamonite 33 40x550 no fundo, e 13 velas de gelamonite 33 26x200 na coluna a carregar nos vértices do quadrado com 1,21 metros de lado.

▪ **4º quadrado**

3 velas de gelamonite 33 40x550 no fundo, e 4 velas de gelamonite 33 40x550 na coluna a carregar no nos vértices do quadrado com 2,41 metros de lado.

3.1.2.7. Dimensionamento dos furos de contorno e de desmonte. Diâmetros de furação da pega

A nomenclatura usada será sempre que possível, a mesma do dimensionamento dos quadrados do caldeiro.

Aplicando as fórmulas apresentadas na figura seguinte, é possível determinar os furos de soleira, hasteais, tecto e de desmonte.

Part of the round:	Burden (m)	Spacing (m)	Height bottom charge (m)	Charge concentration		Stemming (m)
				Bottom (kg/m)	Column (kg/m)	
Floor	$1 \times B$	$1.1 \times B$	$1/3 \times H$	l_b	$1.0 \times l_b$	$0.2 \times B$
Wall	$0.9 \times B$	$1.1 \times B$	$1/6 \times H$	l_b	$0.4 \times l_b$	$0.5 \times B$
Roof	$0.9 \times B$	$1.1 \times B$	$1/6 \times H$	l_b	$0.3 \times l_b$	$0.5 \times B$
Stoping:						
Upwards	$1 \times B$	$1.1 \times B$	$1/3 \times H$	l_b	$0.5 \times l_b$	$0.5 \times B$
Horizontal	$1 \times B$	$1.1 \times B$	$1/3 \times H$	l_b	$0.5 \times l_b$	$0.5 \times B$
Downwards	$1 \times B$	$1.2 \times B$	$1/3 \times H$	l_b	$0.5 \times l_b$	$0.5 \times B$

Fig.3.10 – Cálculo da carga nos furos de contorno e desmonte [6]

Atente-se durante os cálculos às seguintes notas que resultam da análise da figura anterior:

- Na soleira, não existe distinção entre carga de fundo e carga de coluna, $L_B = l_b$ e $L_C = 1,0 \times l_b$;
- na soleira, como este túnel é escavado em secção plena, os “tiros” da soleira devem garantir a cota da rasante de projecto, pelo que se necessário, a carga deve ser majorada;
- l_b , corresponde à concentração da carga de fundo dos furos do último quadrado do caldeiro, que corresponde à concentração de carga para B_{\max} ($l_{b\max}$);
- a única diferença entre os furos de soleira e os de desmonte, é que os primeiros são mais fortemente carregados para compensar a força de gravidade e o peso do escombros que lhes caiu em cima.

- **Soleira (“Floor”)**

- **Com as expressões:**

$$B = B_{\text{máx}} = 1,1\text{m};$$

$$E = 1,1 \times B = 1,1 \times 1,1 = 1,21\text{m};$$

$$h_b = \left(\frac{1}{3}\right) \times H \quad (3.30.)$$

Sendo H= comprimento de furação, vem $h_b = 1,33\text{m}$.

$$L_b = 1,89 \text{ Kg/m} \Rightarrow \text{gelamonite 33 40x550};$$

$$L_c = 1,89 \text{ Kg/m} \Rightarrow \text{gelamonite 33 40x550};$$

$$h_0 = 0,2 \times B \quad (\text{A 1.31.}) \Leftrightarrow h_0 = 0,22 \text{ m};$$

$$h_c = H - h_0 - h_b = 2,45\text{m};$$

$$Q_b = 1,33 \times 1,89 = 2,52\text{Kg};$$

$$Q_c = 2,45 \times 1,89 = 4,62\text{Kg};$$

$$n' = \frac{2,52}{1,04} = 3 \text{ un};$$

$$n = \frac{4,62}{1,04} = 5 \text{ un};$$

- **Determinação do nº de furos da soleira, N**

$$N = \frac{\text{Largura Soleira}}{E} \quad (3.31.)$$

$$N = \frac{8,19}{1,21} = 7 \text{ furos} \Rightarrow 6 \text{ intervalos}$$

$$\frac{8,19}{6} = 1,36 > 1,21 \Rightarrow N = 8 \text{ furos}$$

- **Determinação do Look Out (L)**

De forma a permitir a actuação do jumbo durante o emboquilhamento da pega seguinte, os furos de contorno da pega anterior devem ser executados com um ligeiro desvio, Look Out (L), conforme figura seguinte.

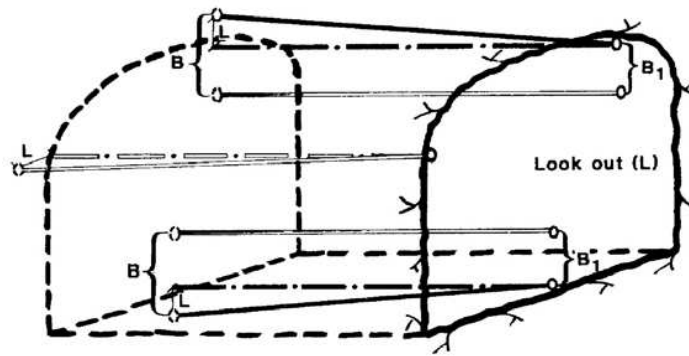


Fig.3.11 – Desvio da perfuração no contorno [6]

O valor de L não deve exceder $10\text{ cm} + 3\text{ cm/metro de furo}$.

$$L = 0,1 + 0,03 \times 4 = \mathbf{0,22\text{ m}}$$

▪ **Determinação de B-L**

$$B - L = 1,1 - 0,22 = \mathbf{0,88\text{ m}}$$

▪ **Determinação da carga total da soleira, $Q_{\text{soleira}}^{\text{total}}$**

$$Q_{\text{soleira}}^{\text{total}} = 8 \times 8 \times 1,04 = \mathbf{66,56\text{ Kg}}$$

▪ **Diâmetros de furação, ϕ**

Determinadas as cargas para os furos dos 3º e 4º quadrados, e para os furos da soleira, sendo estes furos com maior concentração de carga, são certamente aqueles que determinam o diâmetro máximo de furação da pega.

Além disso, “ O diâmetro de perfuração varia entre 27 e 40 mm nas galerias de secção inferior a 10 m^2 , 35 e 45 mm nas galerias entre 10 e 30 m^2 de secção e entre 38 e 51 mm nas galerias com secção superior a 30 m^2 ” [6].

Assim, três condições determinam a escolha do diâmetro de furação da pega:

- Concentração de carga máxima, e consequentemente o diâmetro do cartucho de maior calibre, que será neste caso 40mm (gelamonite 33 40x550);
- $38\text{ mm} \leq \phi \leq 51\text{ mm}$;
- Diâmetros comercialmente disponíveis

Pelo que, se usou neste trabalho os diâmetros de **45mm e 48mm**. [14]

▪ **Hasteais e tecto**

As cargas para os furos dos hasteais e tecto, podem ser determinadas utilizando a figura 3.10, donde resulta um carregamento normal com menor concentração de carga, ou usando o método conhecido por “smooth blasting” ou “carregamento suave”.

O último método tem vantagens em relação ao primeiro quando se pretende controlar de forma rigorosa a escavação em excesso, e a perturbação do maciço de forma a reduzir a preocupação com o saneamento e contenção provisória.

Atente-se aos pressupostos onde assenta o método “smooth blasting”:

- Nos hasteais e tecto, não existe distinção entre carga de fundo e carga de coluna, $L_B = l_b$;
- Os furos de contorno deverão ter afastamentos menores que os restantes furos da pega e concentrações de carga também mais baixas;
- O método aconselha utilizar explosivo mais fraco e apresenta uma tabela com Gurit. Porém, essa tabela que é apresentada na figura seguinte, é válida para qualquer tipo de explosivo, desde que se cumpra as concentrações de carga.

Perimeter hole diam. mm	Charge concentration kg/m	Charge type	Burden m	Spacing m
25–32	0.11	11 mm Gurit	0.3–0.5	0.25–0.35
25–48	0.23	17 mm Gurit	0.7–0.9	0.50–0.70
51–64	0.42	22 mm Gurit	1.0–1.1	0.80–0.90
51–64	0.45	22 mm Emulite	1.1–1.2	0.80–0.90

Fig.3.12 – Carga de contorno [6]

Assim, pelo método “smooth blasting”, escolhendo o diâmetro de furação 48mm, a figura anterior diz que:

$$L_C = 0,23 \text{ Kg/m} < 0,76 \text{ Kg/m} \Rightarrow \text{Gelamonite 33 26x200 ;}$$

$$B = 0,9 \text{ m};$$

$$E = 0,70 \text{ m};$$

Pode-se usar qualquer valor de tamponamento, h_0 , do intervalo $0,2 \times B \leq h_0 \leq 0,5 \times B$

Considero

$$h_0 = 0,5 \times B = 0,45 \text{ m}$$

$$h_C = 4,0 - 0,45 = 3,55 \text{ m};$$

$$Q_C = 0,23 \times 3,55 = 0,82 \text{ Kg};$$

$$n = \frac{0,82}{0,152} = 6 \text{ velas de gelamonite 33 26} \times 200$$

- Furos ascendentes e horizontais (“upwards” e “horizontal”)

Utilizando também a tabela da figura 3.10,

$$B = 1,1 \text{ m};$$

$$E = 1,21 \text{ m};$$

$$H_b=1,33\text{m};$$

$$L_B=1,89 \text{ Kg/m, gelamonite 33 40x550};$$

$$L_C= 0,95 \text{ Kg/m, gelamonite 33 32x400};$$

$$H_0=0,55 \text{ m};$$

$$h_C= 2,12 \text{ m};$$

$$Q_b= 2,52 \text{ Kg};$$

$$Q_C= 2,00 \text{ Kg};$$

$$n'= 3 \text{ un. Gel 33 40x550};$$

$n= 5$ un. Gel 33 32x400, mas visto que as 5 velas não caberiam no furo $\Rightarrow n= 4$ un. Gel 33 32x400 (podendo-se cortar metade de uma vela 32x400, para completar a carga de coluna)

$$Q_{furo}^{total} = 4,972 \text{ Kg}$$

a. Furos descendentes (“downwards”)

Utilizando também a tabela da figura 3.10,

$$B=1,1\text{m};$$

$$E=1,32\text{m};$$

$$H_b=1,33\text{m};$$

$$L_B=1,89 \text{ Kg/m, gelamonite 33 40x550};$$

$$L_C= 0,95 \text{ Kg/m, gelamonite 33 32x400};$$

$$H_0=0,55 \text{ m};$$

$$h_C= 2,12 \text{ m};$$

$$Q_b= 2,52 \text{ Kg};$$

$$Q_C= 2,00 \text{ Kg};$$

$$n'= 3 \text{ un. Gel 33 40x550};$$

$n= 5$ un. Gel 33 32x400, mas visto que as 5 velas não caberiam no furo $\Rightarrow n= 4$ un. Gel 33 32x400 (podendo-se cortar metade de uma vela 32x400, para completar a carga de coluna)

$$Q_{furo}^{total} = 4,972 \text{ Kg}$$

3.1.2.8. Regras para implantação dos furos no plano de fogo

De seguida, apresenta-se um pequeno procedimento para facilitar a implantação dos furos no papel, que deve ser executado pela ordem descrita:

- Marcar furos da soleira, tendo em conta que os 2 furos dos cantos pertencem à soleira e não ao contorno;
- Marcar furos de contorno;
- Marcar furos ascendentes, caso existam;

- Marcar o caldeiro, começando pelo último quadrado, em que o lado inferior deste deve coincidir com a linha fictícia que define a distância à frente dos furos ascendentes;
- Marcar furos horizontais;
- Marcar furos descendentes;
- Os furos ascendentes, horizontais e descendentes, se possível, devem ser implantados segundo os eixos ortogonais X e Y para facilitar a marcação e furação;
- Se ao criar ortogonalidade entre furos, reduzir a distância à frente livre, teoricamente deveria reduzir a carga dos furos. Na prática, mantém-se a carga já calculada;
- O ajuste das posições dos furos é feito à medida que é atribuída a temporização dos furos anteriores.

3.1.2.9. Regras de perfuração

Apresentam-se algumas notas e regras de perfuração:

- A perfuração inicia-se pelos furos do contorno. Os furos da soleira devem ser os primeiros a serem executados, porque são furos de difícil execução devido à presença de água e detritos, pelo que a execução dos outros furos dificultariam ainda mais a sua perfuração. Depois de furados, os tiros da soleira devem ser tapados, com tubos de PVC, por exemplo, para evitar a entrada de água e detritos;
- A furação dos restantes furos, deve ser no sentido descendente, devido à água e detritos provocados pela furação dos furos seguintes;
- Os furos largos devem ser executados antes dos furos do 1º quadrado, pois caso um destes furos intersecte o furo largo, poderá proceder-se a um novo furo e não condicionar deste modo o rendimento da pega. Este aspecto é mais importante nas pegas de comprimentos de furação elevados;
- O furo largo demora 5 a 10 vezes mais a executar relativamente aos furos normais;
- O furo largo deve ser executado alternadamente por cada um dos braços do jumbo, para equilibrar o desgaste do equipamento e acessórios;
- O equipamento deve ser escolhido de forma a ser possível utilizar todos os braços em simultâneo, reduzindo ao máximo a sobreposição da cobertura entre braços e os tempos de deslocação dos mesmos;
- Deve evitar-se que os braços do jumbo trabalhem próximos uns dos outros e no mesmo alinhamento vertical para eliminar o risco de queda de pedras sobre estes.

3.1.2.10. Temporização

Temporizar uma pega significa atribuir a cada um dos furos um detonador que rebenta algum tempo depois de ser iniciado, na ordem de milésimos de segundo, devendo-se ter em conta os seguintes aspectos:

- $\text{Volume desmontado pelo tempo } N \times \text{Empolamento} \leq \text{Volume vazio criado pelo tempo } N - 1$;
- A sequência de rebentamento deverá ser a favor da gravidade, pelo que o caldeiro deverá estar o mais baixo possível;
- O primeiro volume vazio, corresponde aos furos largos, seguindo-se o 1º quadrado do caldeiro, e assim sucessivamente;
- Nos primeiros dois quadrados do caldeiro não se deve repetir tempos;

- No caldeiro, é muito importante que o intervalo de tempo entre furos seja suficiente para que a rocha quebre e se mova para fora do caldeiro antes do rebentamento dos tiros seguintes. Admitindo que a velocidade de expulsão dos fragmentos seja entre 40 a 60 m/s, o intervalo de tempo deverá ser pelo menos 12 a 25 milissegundos vezes o comprimento do furo;
- Os tempos do tecto e dos hasteais devem ser o mais próximos possíveis, para que se obtenha uma superfície de corte regular;
- Os 2 furos dos cantos da soleira devem ser os últimos a disparar;
- A temporização deve ser tal que a carga máxima por instante produza vibrações tais que a velocidade de vibração nos grupos e equipamentos da central I, bem como nos transformadores não ultrapasse o valor 10mm/s. [15]

Assim, apresenta-se de seguida os cálculos efectuados para determinação dos volumes desmontados e respectiva temporização do **caldeiro**, tomando 60% para o valor de empolamento e a série de detonadores não eléctricos PRIMADET MS e LP. [12]

Quadro 3 – Verificação da área livre de desmonte para os tiros do caldeiro

CÁLCULO DA TEMPORIZAÇÃO					
Tempo i	Tempo i corrigido pela Vfragmentação	Área Desmontada	Área desmontada*1,6	Área Livre para o tempo i	Verificação
CALDEIRO					
<u>1</u>	<u>1</u>	0,00335	0,00536	0,00735	ok
<u>2</u>	<u>2</u>	0,00335	0,00536	0,01805	ok
<u>3</u>	<u>3</u>	0,01569	0,025104	0,02140	ko
<u>4</u>	<u>4</u>	0,01569	0,025104	0,03709	ok
<u>5</u>	2	0,0411	0,06576	0,09000	ok
<u>6</u>	3	0,0411	0,06576	0,13110	ok
<u>7</u>	4	0,0411	0,06576	0,17220	ok
<u>8</u>	5	0,0411	0,06576	0,21330	ok
<u>9</u>	6	0,16456	0,263296	0,36000	ok
<u>10</u>	7	0,16456	0,263296	0,52456	ok
<u>12</u>	8	0,32912	0,526592	0,68912	ok
<u>14</u>	9	0,65823	1,053168	1,44000	ok
<u>16</u>	10	0,65823	1,053168	2,09823	ok
<u>18</u>	12	1,31646	2,106336	2,75646	ok

Note-se que apesar do valor 0,02140 ser inferior a 0,025104, conforme quadro anterior, a diferença entre estes é diminuta, pelo que se aceita.

Apresenta-se de seguida, o caldeiro temporizado com os tempos corrigidos do quadro anterior, e a representação gráfica das áreas calculadas.

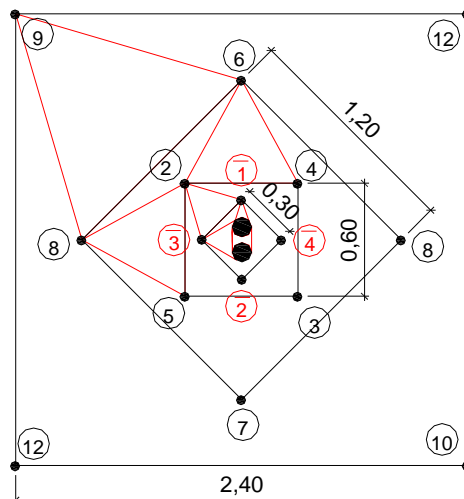


Fig.3.13 – Temporização do caldeiro

3.1.2.11. Plano de fogo

Segue o plano de fogo calculado, onde se representa graficamente:

- A secção do túnel com a localização dos furos, distância à frente livre e espaçamento dos mesmos;
- Pormenor das dimensões do caldeiro temporizado;
- Intervalos de tempo dos detonadores da série usada;
- Plano de carga de cada um dos tipos de furos;
- Outros indicadores (ex: máximo explosivo por instante);
- Campos por preencher que variam com o avanço da escavação (ex: hora prevista).

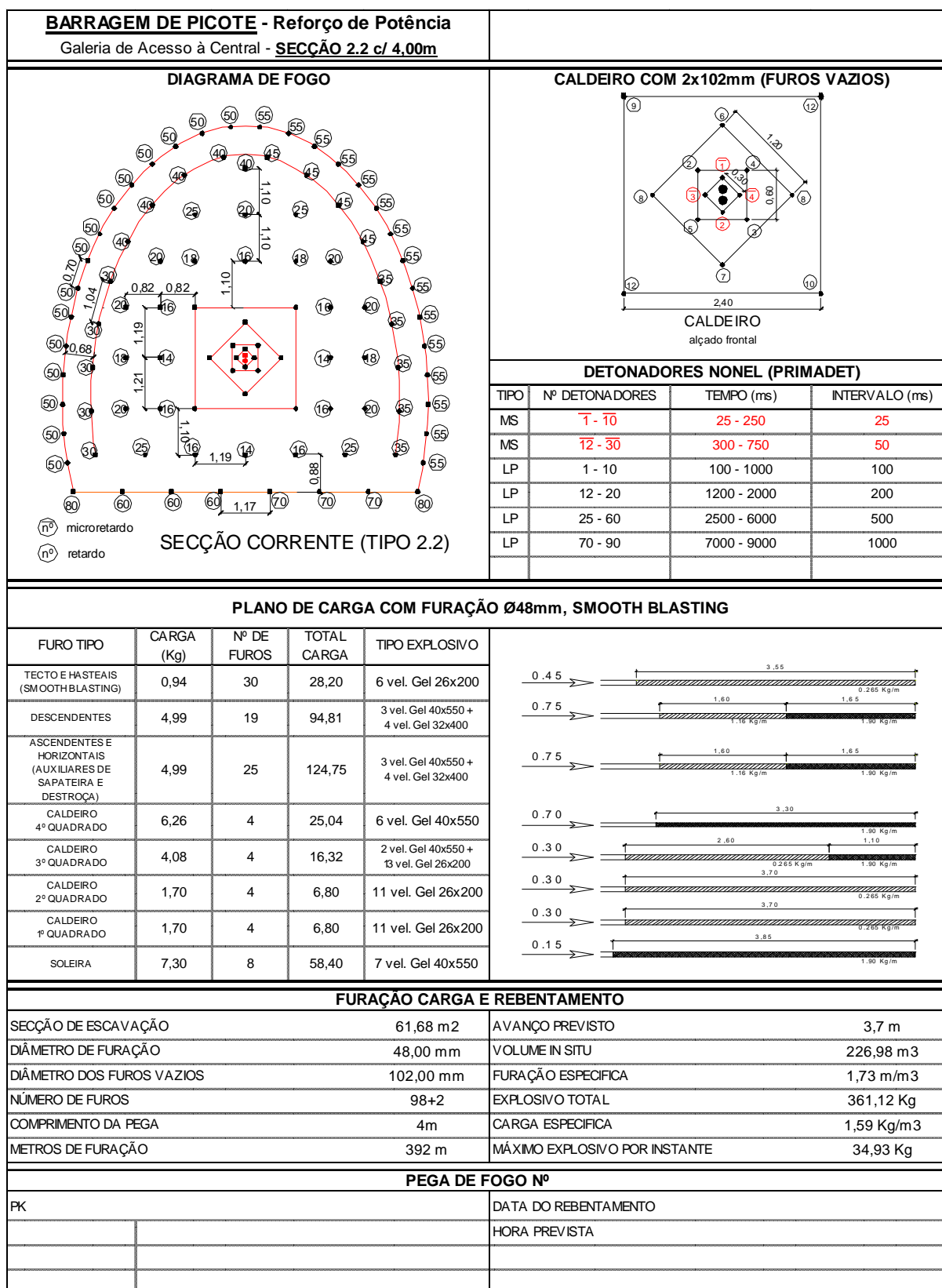


Fig.3.14 – Plano de fogo teórico a aplicar no túnel de acesso à central

3.1.3. VIBRAÇÕES – ESTIMATIVA DA CARGA MÁXIMA INSTANTÂNEA ADMISSÍVEL

A temporização deve ser tal que a carga máxima por instante produza vibrações tais que a velocidade de vibração nos grupos e equipamentos da central I, bem como nos transformadores não ultrapasse o valor 10mm/s. [15].

A velocidade de vibração é função do meio de propagação, da carga instantânea e da distância da pega ao local de medição da velocidade. Usando a **fórmula de Langefors**, podemos relacionar estas quatro grandezas físicas, e desta forma aferir a **carga máxima instantânea admissível**, para a pega mais próxima dos grupos e dos transformadores, cumprindo o limite de 10mm/s para a velocidade. [16]

$$V = K \times \sqrt{\frac{Q}{R^{\frac{3}{2}}}} \quad (3.32.)$$

Onde,

V é a velocidade de vibração (mm/s).

Q é a carga detonada instantânea (Kg);

R é a distância da pega ao local de medição da velocidade (m);

K é a constante que caracteriza as propriedades elásticas e estruturais do meio de propagação. O valor de K varia com inúmeros parâmetros, entre os quais, o grau de alteração do maciço, fracturação e diaclasamento.

Da expressão (3.32.) deduz-se

$$Q = \left(\frac{v}{k}\right)^2 \times R^{\frac{3}{2}} \quad (3.33.)$$

Da expressão anterior, o valor da carga máxima admissível corresponderá à distância mínima medida em projecto, limitando a velocidade de vibração a 10mm/s para um determinado valor K.

É aconselhado o valor de K entre 70 e 100, para granitos em Portugal [17]. No entanto, existem registos de vários valores (Q,V,R) obtidos **durante a escavação do túnel de acesso à central** até à galeria de ataque à abóbada da central, conforme previsto no caderno de encargos da empreitada [15]. Assim, é possível estimar o valor médio de K, que caracterizará o maciço em questão, conforme figura seguinte. [18]

Data Hora	Nº Plano de Fogo	pK	Carga Instantânea Q (Kg)	Leituras sismógrafo				K
				Registo Máx V (mm/seg)	Direcção	Localização Sismógrafo	Distância Planta	
11-09-2007 14:40	138	29,5	19,78	5,33	tran	Grupo 1	237	72
13-09-2007 12:42	143	32	19,78	2,1	vert	Grupo 1	237	29
13-09-2007 12:34	157	40	19,78	2,41	vert	Grupo 1	237	33
20-09-2007 2:45	193	58	19,78	2,1	Vert	Grupo 1	237	29
27-09-2007 7:27	221	75	13,89	2,35	Tran	Grupo 1	238	38
28-09-2007 14:34	236	82	13,89	2,1	Vert	Grupo 1	239	34
02-10-2007 22:27	240	87	19,78	3,05	Tran	Grupo 1	240	42
05-10-2007 19:15	260	97	19,78	2,03	Tran	Grupo 1	241	28
09-10-2007 6:35	270	103	19,78	3,87	Vert	Grupo 1	242	53
10-10-2007 16:50	275	110	19,78	5,52	Vert	Grupo 1	245	77
11-10-2007 12:10	278	113	19,78	2,16	Vert	Grupo 1	246	30
15-10-2007 12:15	289	122	19,78	4,06	Vert	Grupo 1	250	57
17-10-2007 13:30	297	128	19,78	3,3	Vert	Grupo 1	253	47
18-10-2007 7:17	303	131	19,78	2,29	Tran	Grupo 1	255	33
20-10-2007 6:10	319	140	19,78	2,29	Tran	Grupo 1	260	33
24-10-2007 6:01	325	145	19,78	2,1	Tran	Grupo 1	264	31
25-10-2007 18:38	342	153	19,78	2,6	Tran	Grupo 1	268	39
26-10-2007 11:20	351	156	19,78	2,16	Tran	Grupo 1	270	32
29-10-2007 16:30	367	161	19,78	2,16	Tran	Grupo 1	274	33
30-10-2007 11:17	372	165	19,78	2,92	Tran	Grupo 1	276	44
31-10-2007 15:56	381	167	19,78	2,85	Vert	Grupo 1	278	44
03-11-2007 2:25	387	169	19,78	2,25	Vert	Grupo 1	279	35
05-11-2007 15:11	391	172	19,78	2,8	Vert	Grupo 1	281	43
06-11-2007 5:35	392	175	19,78	4,05	Vert	Grupo 1	283	63
06-11-2007 17:26	400	176,5	19,78	2,25	Vert	Grupo 1	285	35
07-11-2007 8:58	402	179,5	19,78	5,35	Vert	Grupo 1	287	84
07-11-2007 22:38	408	184	19,78	3,75	Vert	Grupo 1	289	59
08-11-2007 10:53	413	187	19,78	3,45	Vert	Grupo 1	292	55
09-11-2007 14:48	424	192	19,78	2,3	Vert	Grupo 1	295	37
13-11-2007 9:04	431	199,5	19,78	2	Vert	Grupo 1	300	32
13-11-2007 21:54	434	203	21,16	2,85	Vert	Grupo 1	302	45
14-11-2007 13:01	435	206,5	21,16	2,65	Vert	Grupo 1	305	42
15-11-2007 1:51	439	209,5	21,16	2,25	Vert	Grupo 1	308	36
15-11-2007 16:14	444	212,5	21,16	2,75	Vert	Grupo 1	310	44
16-11-2007 6:23	445	216	21,16	2,35	Vert	Grupo 1	313	38
17-11-2007 16:47	449	224,5	21,16	2,4	Vert	Grupo 1	319	39
18-11-2007 6:48	450	228,3	21,16	2,5	Vert	Grupo 1	321	41
18-11-2007 22:42	451	230,6	21,16	2,3	Vert	Grupo 1	324	38
19-11-2007 12:49	452	234	21,16	2,75	Vert	Grupo 1	326	46
20-11-2007 7:57	453	238,5	21,16	3,15	Vert	Grupo 1	328	53
21-11-2007 6:23	456	241,5	21,16	2,15	Vert	Grupo 1	330	36
21-11-2007 23:47	457	244,5	21,16	2,7	Vert	Grupo 1	333	46
22-11-2007 20:58	458	248,5	21,16	3,1	Vert	Grupo 1	335	53
23-11-2007 15:33	459	252	21,16	4,9	Vert	Grupo 1	336	84
24-11-2007 6:27	460	255,5	21,16	2,8	Vert	Grupo 1	338	48
25-11-2007 10:29	462	261	21,16	3,15	Vert	Grupo 1	342	54
26-11-2007 2:25	463	265	21,16	2,65	Vert	Grupo 1	344	46
K méd.								44

Fig.3.15– Determinação do valor médio de K do maciço

Considerando a distância mínima **90m**, que corresponde à distância mínima entre o Grupo 1 e a Galeria da Restituição e $K=44$, da expressão (3.33.) vem **$Q_{\text{máx}}$ igual a 44,1 Kg por instante.**

Conclui-se que, para valores de carga instantânea inferiores a 44,1 Kg, o limite de 10mm/s para a velocidade de vibração na central 1, teoricamente é sempre cumprido **durante a escavação de toda a empreitada**, não dispensando porém a monitorização das pegs.

3.1.4. DETONADORES E ACESSÓRIOS

3.1.4.1. Tipos de detonadores

No mercado existem essencialmente três tipos de detonadores: **ordinários, eléctricos e não eléctricos.**

O **detonador ordinário** é constituído por um casquilho de alumínio (ou cobre nas minas de carvão), que contém no seu interior um explosivo secundário (base) e um explosivo primário (extremidade livre do casquilho onde se introduz o rastilho). Este tipo de detonador é sensível ao calor, sendo a deflagração transmitida pelo rastilho. Tem associado duas grandes **desvantagens**, pois por um lado necessita da **utilização de rastilho** para ser activado e por outro tem **elevada sensibilidade ao choque e à fricção**.

Existem dois grandes grupos de **detonadores eléctricos: instantâneos e de retardo**, mas ambos são **activados através da energia eléctrica**. Os detonadores de retardo são constituídos por um casquilho de alumínio (ou cobre) que contém no seu interior três partes distintas: eléctrica, explosiva e de retardo.

Os detonadores eléctricos podem ainda serem classificados quanto à quantidade de energia eléctrica necessária para serem iniciados (**sensibilidade**), sendo que o detonador é tanto mais sensível quanto menor for a quantidade de energia eléctrica necessária para o iniciar.

A **grande vantagem** dos detonadores eléctricos em relação aos ordinários, reside sobretudo na possibilidade de disparar grande quantidade de furos com probabilidade menor de ocorrer falhas nas pegas, **diminuindo o risco para o trabalhador**. No entanto, este tipo de detonadores tem a **desvantagem** de poder serem **iniciados por correntes parasitas** (tempestades, electricidade estática, redes eléctricas, ondas rádio), aumentando o risco para os trabalhadores em relação aos não eléctricos.

Os **detonadores não eléctricos** são os que mais salvaguardam a segurança, sendo constituídos por um tubo plástico e um casquilho. O interior do tubo plástico contém uma substância reactiva, não explosiva, que mantém a propagação da onda a uma velocidade aproximada de 2.000m/s, actuando como sinal e com energia suficiente para activar o detonador. Estes detonadores podem ser iniciados por um explosor adequado, por um detonador eléctrico, ou por cordão detonante.

3.1.4.2. Detonadores utilizados

Para iniciar o explosivo, e por imposições do caderno de encargos, utiliza-se o sistema de iniciação não eléctrico, não se usando de forma nenhuma o rastilho. [15]

Os detonadores não eléctricos têm a grande vantagem de não serem iniciados acidentalmente por correntes parasitas de qualquer espécie.

Comercialmente, escolheu-se os detonadores não eléctricos *PRIMADET MS* e *LP*. A série MS, de tubo cor de laranja consta de 20 números que permitem uma sequenciação de 25 a 750 milisegundos. A série LP, de tubo cor amarela consta de 26 números diferentes de 100 a 9000 milisegundos. [12]



Fig.3.16 – Detonadores não eléctricos tipo *PRIMADET MS* e *LP* [12]

Além dos detonadores, outros acessórios são necessários para a pega de fogo, nomeadamente cordão detonante, disparador, tubo de transmissão e tubo ómega rachado.

O **cordão detonante** é constituído por um explosivo chamado “pentrite” protegido e envolvido por um recobrimento de plástico, variando o seu peso com a quantidade de pentrite por metro linear. É colocado cordão de 6 ou 10g/m.l ao longo dos furos em contacto com os cartuchos espaçados para transmitir a detonação aos explosivos iniciada pelos detonadores. É também usado cordão de 6g/m.l para iniciar os detonadores da pega.

O **disparador** é utilizado para iniciar a pega criando uma onda de choque. O **tubo de transmissão** transmite a onda de choque criada pelo disparador ao detonador que irá iniciar a pega. O **tubo ómega rachado** de PVC comprime os cartuchos, mantendo-os nas posições colocadas.

3.1.5. CONTENÇÃO

Conter uma superfície escavada consiste em aplicar um determinado suporte logo após a escavação ou não, de forma a impedir a descompressão do maciço.

Existem três tipos distintos de contenção, **contenção primária, definitiva e pré-contenção**. A primeira, definida pelo executante, é aplicada logo após a escavação, e visa estabilizar temporariamente a zona escavada, controlando a descompressão do maciço até à aplicação da contenção definitiva permitindo o **avanço em segurança**. A contenção definitiva definida em projecto de execução, refere-se ao suporte final a aplicar para estabilizar a zona escavada durante a **vida útil de projecto**. [8]

A pré-contenção é usada em **situações pontuais** de recurso para garantir a segurança e estabilidade do maciço durante o avanço, sendo aplicado o suporte antes da escavação. [15]

O tipo de suporte adoptado para contenção é função da caracterização geológica do maciço escavado. Os geólogos adoptaram a classificação de Bieniawski, utilizando o parâmetro RMR (Rock Mass Rating) para caracterizar o maciço. Segundo esta classificação, o valor de RMR varia entre 0 e 100 e será tanto maior quanto a qualidade do maciço rochoso. O valor de RMR é função da resistência à compressão simples da rocha, do RQD (Rock Quality Designation), presença de água, estado das descontinuidades. [18]

As ancoragens passivas do tipo “*Swellex*”, com uma determinada densidade e comprimento, o betão projectado reforçado com fibras de aço com uma determinada espessura e as costelas metálicas tipo TH, são geralmente os suportes usados para contenção primária.

Para a contenção definitiva, usa-se normalmente pregagens em varão de aço de construção com 25 ou 32 milímetros de diâmetro seladas com espuma de poliuretano e injectadas com calda de cimento. Usa-se também betão projectado, e betão armado ou pré-esforçado moldado. [15]

Na pré-contenção usam-se técnicas especiais de avanço tipo “*Enfilagem*” e “*Forepoling*”. [15]

Para evitar a queda de blocos dos taludes, é usual usar-se, se necessário malhassol ou barreiras elásticas.

De forma a aferir se as soluções de contenção adoptadas foram as adequadas, é fundamental instalar um **sistema de monitorização e instrumentação** para medir os deslocamentos relativos do maciço e estudar a sua evolução, adoptando para cada caso uma determinada periodicidade de leituras. Normalmente são usados alvos de leitura encastrados nas paredes e tecto das galerias e extensómetros em secções de maior vão.

O betão projectado exige um equipamento de projecção para a sua aplicação, constituindo uma excelente solução para a contenção das escavações, usando-se na sua composição um acelerador de presa que garanta a aderência imediata deste material à superfície projectada devidamente limpa e húmida com o mínimo de desperdício possível.

As ancoragens tipo “*swellex*” constituem actualmente uma solução muito prática que consiste em inserir uma vara com a forma de ómega num determinado furo, que quando se enche com água pressurizada aumenta de secção encostando às paredes do furo, funcionando como uma pregagem passiva por atrito evitando o desprendimento de blocos. Na parte final da “*swellex*”, coloca-se uma chapa de distribuição de esforços.



Fig.3.17 – Esquema de funcionamento de uma ancoragem passiva tipo “*swellex*” [20]

As pregagens em varão de aço usadas na contenção definitiva são de diâmetro 25mm, e são de execução mais complexa relativamente às ancoragens tipo “*swellex*”, considerando-se que estão concluídas após a colocação da chapa e porca conforme figura 3.18.

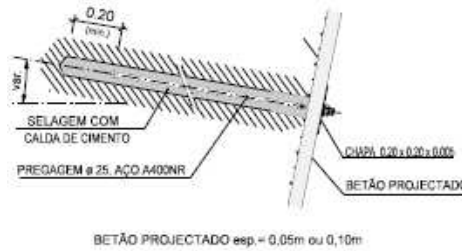


Fig.3.18 – Esquema de execução das pregagens em varão de aço selado com calda de cimento [21]

3.1.6. TÚNEL DE ACESSO À CENTRAL

3.1.6.1. Aspectos gerais de escavação

Quando se prevê um **maciço** com elevada capacidade de autosustentação, em túneis com secção inferior a 100 m^2 , é usual a escavação ser feita em **plena secção**. Sendo que o túnel de acesso à central tem cerca de 62 m^2 , prevendo-se em cerca de 95% da escavação, um maciço competente, estrategicamente será escavado desta forma. [6], [8]

O **equipamento** escolhido para executar a **furação desta secção**, cobrindo-a totalmente sem necessidade de manobras de reposicionamento, daqueles disponíveis no mercado foi um **jumbo** electro-hidráulico de três braços, com algumas das características apresentadas na figura 3.19.

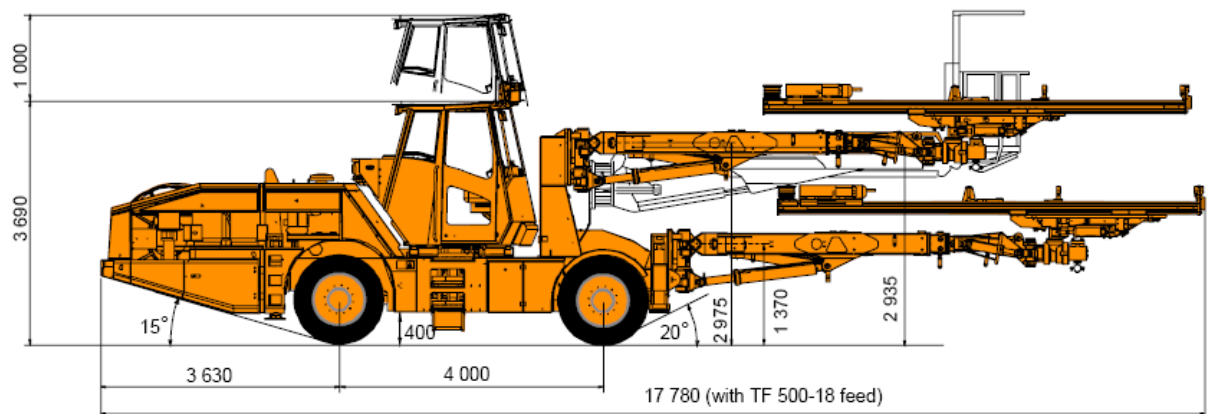


Fig.3.19 – Axera T11 s-315 cabin – Dimensões gerais [7]

Ao seleccionar este equipamento deverá ter-se em conta, além dos rendimentos pretendidos, as suas dimensões geométricas nas três direcções, de forma a permitir a sua mobilidade até à frente de escavação sem conflitos de atravancamento com as redes instaladas ou a instalar no túnel, com os raios mínimos de curvatura da directriz, com as dimensões e acessos das galerias de ataque de secções menores onde o equipamento terá obrigatoriamente de circular e ainda com a execução de **furação para contenção** e nichos. Para o presente caso, este equipamento satisfaz todas as condições.

A **remoção de escombros** é feita com recurso a camiões carregados com pá carregadora para descarregar no local escolhido para escombreira.

O **comprimento dos furos** é igualmente função da competência geotécnica do maciço. Assim, para valores de RMR, parâmetro obtido através da classificação geotécnica de Bieniawski que será apresentada oportunamente, superiores a 20 as equipas de geotecnia ao serviço da obra permitem

furação das pegas até **4 metros**. Prevendo-se valores de RMR superiores a 20, em cerca de 95% da escavação, 4 metros deve ser o comprimento a considerar no dimensionamento do plano de fogo. [8]

De referir porém, que nos primeiros 25 metros de escavação deste túnel optou-se, para melhor conhecimento do maciço e aferir velocidades de propagação das ondas, executar a escavação em duas fases. Assim, na primeira fase escavou-se uma pequena galeria que servia de “caldeiro” para a pega seguinte da segunda fase. [9]

3.1.6.2. Plano de fogo para escavação

Ver figura A2.1 no [Anexo A2].

3.1.6.3. Contenção

Podemos dividir o túnel de acesso à central em quatro grandes zonas distintas:

- **Secção corrente** entre pK15 e pK601, excepto zonas de bifurcações;
- **Zona sob o túnel existente** entre pK65 e pK90;
- **Bifurcações** com a galeria de ataque à abóbada da central e com a galeria de ataque à galeria em carga;
- **Secções revestidas em betão armado**, nos primeiros 15 metros do emboquilhamento do túnel e nos últimos 20 metros junto à central.

É apresentado na **figura 3.20 a contenção** a aplicar na **secção corrente**.

ESCAVAÇÃO	CONTENÇÃO PRIMÁRIA	CONTENÇÃO DEFINITIVA
SECÇÃO TIPO A (RMR>50)		
Plena Secção	Imediata se Diaclases subhorizontais	Pregagem sistemática na abóbada <i>disposta em quincôncio, Ainf=4,00m², L=3.0m</i>
Pegas até 4,0m Pegas > 4,0m se RMR>85	Swellex (l=3m) Densidade 3-4 un/perfil Espaçamento= 3 m Localização: preferencial tecto Disposição: quincôncio Área de influência: Ainf= 9,0m ² /swellex Não é necessário betão projectado com fibras (BPRF)	Betão Projectado com fibras, esp = 0,05 m 1º) BPRF a uma distância não superior a 20m da frente ou após 2 semanas da escavação 2º) Pregagens seladas a uma distância não superior a 30 m da frente e terminadas a 50m
SECÇÃO TIPO B (20<RMR≤50)		
Plena Secção	Após a remoção do escombro	Pregagem sistemática na abóbada e hasteais <i>disposta em quincôncio, Ainf=3,00m², L=3.0m</i>
Pegas até 4,0m	Swellex (l=3m) Densidade 5-7 un/perfil Espaçamento= 3 m Se RMR + baixo: + 2 swellex laterais Área de influência: Ainf= 5 a 7 m ² /swellex Para RMR<30: Aplicação imediata de BPRF e=5cm	Betão Projectado com fibras, esp = 0,10 m 1º) BPRF uma distância não superior a 15m da frente ou após 1 semana da escavação 2º) Pregagens seladas a uma distância não superior a 20 m da frente ou após 2 semanas da escavação e terminadas a 50m ou após 3 semanas da escavação
SECÇÃO TIPO C (RMR≤20)		
Antes de iniciar a escavação: pré-contenção com guarda-chuvas Sempre que possível: Fazer Furos de prospecção	Hip1: Escavação em secção plena: a) Pré-contenção com guarda-chuvas Guarda-Chuvas: No tecto 90º, 120º ou 180º 6m<Comprimento<12 m inclinação: 3 a 4º para cima Escavação em lanços de 4,5 a 10 metros Colocação de novo guarda-chuva para garantir sobreposição de 1,5m Tipos de Guarda-Chuvas a adoptar: Tipo I: Execução de furos no contorno da escavação Espaç. Furos= entre 0,2 e 0,3m Varão de Aço Ø32mm Selagem calda cimento Tipo II: Exe. de furos no contorno da escavação Espaç. Furos= 0,4 Furação Ø 76mm Tubos de aço Ø 50mm Manchetes espaçadas 0,75m a 1m Injecções calda cimento b) Escavação c) Contenção Costelas metálicas tipo TH colocadas imediatamente após a escavação: espaçamento de 0,5 a 1,0 m Aplicação imediata 2 camadas de BPRF e=5cm: 1ª camada: após a escavação 2ª camada: após colocação costelas Hip2: Escavação em secção parcial	Betão projectado com fibras, esp=0,15m Arcos de betão projectado armados (RRS), realizados com betão projectado e pregagens Ø25, L=4,0m, afastadas de 1,50 m Secção revestida a betão armado

Fig.3.20 – Contenção na secção corrente do túnel de acesso à central II

Nas restantes zonas, a contenção primária é igual à da secção corrente, adoptando-se porém soluções distintas para a contenção definitiva, resumidamente:

- Pretendendo-se reforçar a **zona sob o túnel existente** entre pK65 e pK90, adoptou-se por pregagem sistemática na abóbada e hasteais com 4 metros de comprimento em cada 3m², 10cm de BPRF quando o valor de RMR é superior a 50, e 20cm quando o valor de RMR varia entre 20 e 50 inclusive, garantindo-se a drenagem do maciço através de drenos com 2 metros de comprimento, com a mesma área de influência e intercalados com as pregagens;

- Imediatamente antes e depois das **Bifurcações**, adoptou-se por pregagens com 4m de comprimento e 10 cm de BPRF, e pregagens de 6m e 10cm de BPRF nas secções das bifurcações com maior vão de escavação. [21]

3.1.7. GALERIAS DE ATAQUE E GALERIA DE ACESSO À CÂMARA DAS COMPORTAS

3.1.7.1. Aspectos gerais de escavação

A escavação destas galerias é executada em plena secção, devendo-se emboquilhar as galerias de ataque, sempre que a competência do maciço o permitir, apenas quando for possível implantar a secção completa.

Por razões estratégicas, o **equipamento** escolhido para executar a furação das secções das galerias de ataque e da galeria de acesso à câmara das comportas foi um **jumbo** electro-hidráulico de dois braços e três braços, respectivamente.

A **remoção de escombros** é feita com recurso a pá mineira disposto em cordão no TACII no hasteal oposto às redes para ser posteriormente carregado em camiões.

Na galeria de ataque à restituição, e dada a sua extensão, 250 metros, é conveniente a execução de um nicho intermédio para depósito provisório de escombros, sendo a remoção feita com recurso a 2 pás mineiras.

Na galeria de acesso à câmara das comportas, a remoção é feita com camiões carregados na entrada da galeria directamente com a pá carregadora que transporta o escombros desde a frente escavada. Este transporte de escombros sempre que possível é feito a partir das 24:00 hrs, não perturbando assim os trabalhos de betão armado no troço revestido do T.A.C II junto à central. Assim, se necessário remove-se o escombros da frente durante o dia até à entrada, fazendo o carregamento a partir das 24:00hrs, quando param os trabalhos de betão armado.

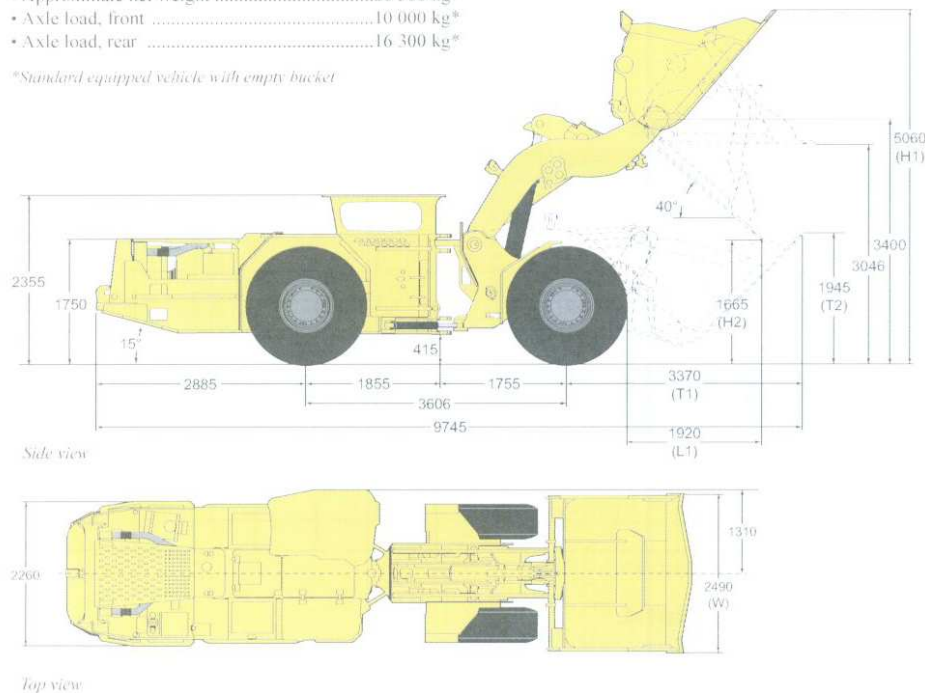
Por questões de cumprimento de **prazos contratuais**, a **escavação da GAAC é prioritária** relativamente às outras galerias de ataque e à galeria de ventilação.

A partir do pK160 da GAAC, quando houver capacidade de encaixe na GAR e na galeria de ventilação, a remoção do escombros da GAAC é feita para estas duas galerias e daqui para o TACII, recorrendo a outra pá mineira. Desta maneira, reduz-se o percurso e consequentemente o tempo de remoção, aumentando os rendimentos de escavação.

Dimensions and weights

- Approximate net weight26 300 kg*
- Axle load, front10 000 kg*
- Axle load, rear16 300 kg*

*Standard equipped vehicle with empty bucket



- Dimensions shown are based on standard vehicle configuration with 27 mm tire deflection.
- All dimensions are shown in millimeters.

Fig.3.21 – Pá mineira carregadora Scooptram ST1030 [24]

Nas galerias GAGC e GAR, os últimos metros têm secção variável e crescente à medida que se aproximam do circuito hidráulico, galeria em carga e de restituição para materializar a “*recrava*” para o futuro “*rolhão*” de betão, e a zona de transição das galerias de ataque para as galerias de maior secção. A escavação desta zona é feita em duas fases, conforme figura 3.22, sendo a 2ª fase escavada no final da escavação e contenção da 1ª fase das galerias atacadas.

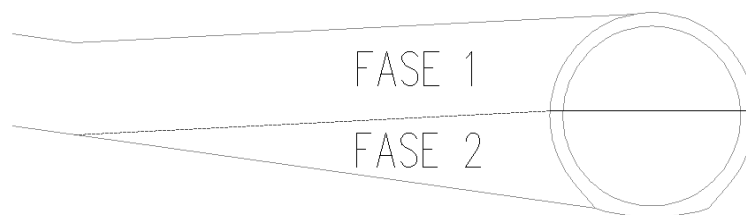


Fig.3.22 – Faseamento da escavação da GAGC na aproximação à GC

Nos últimos 46 metros da galeria de acesso à câmara das comportas, a secção é variável, sendo a escavação executada também em duas fases. Uma primeira fase de ataque à abóbada da câmara das comportas e a segunda fase de rebaixo da galeria e da câmara.

A escavação da GAAC é materializada em duas fases, uma de ataque à escavação da abóbada da central e a segunda de rebaixo até à cota 404,80 junto à central.

3.1.7.2. Plano de fogo para escavação

Nas galerias de ataque, temos para cada galeria diversos planos de fogo distintos, um plano de fogo em secção corrente e vários planos de fogo na zona de secção variável nos últimos 30m. Ver plano de fogo da GAGC para as secções correntes na figura A2.2 no [Anexo A2].

Na galeria de acesso à câmara das comportas, podemos distinguir diversos planos de fogo para as secções corrente, revestida em betão armado e para a zona de aproximação à câmara. Ver plano de fogo da galeria de acesso à câmara das comportas para as secções correntes na figura A2.3 no [Anexo A2].

3.1.7.3. Contenção

Prevê-se para cada uma das galerias dois tipos de contenção distintos, um para secção corrente e outro para as zonas de secção variável (zona tipo D).

A contenção das GAGC e GAR é igual em ambas, e difere da galeria de acesso à câmara das comportas apenas na zona de aproximação desta à câmara (zona tipo D), onde está estabelecida a colocação de 10 cm de BPRF seguido da execução de pregagens de 3 metros dispostas em quincôncio, numa malha de 1prego por cada 4 m². Difere também da galeria de ataque à abóbada da central na zona rebaixada apenas nas pregagens, onde é reduzido o seu comprimento a 2,5m.

ESCAVAÇÃO	CONTENÇÃO PRIMÁRIA	CONTENÇÃO DEFINITIVA
SECÇÃO TIPO A (RMR>70)		
Plena Secção	<i>Imediata se Diaclasses subhorizontais, ou formação de blocos a destacar</i>	<i>Pregagens pontuais $\phi 25\text{mm}$, $L=2,5\text{m}$ e seladas a uma distância não superior a 30 m da frente e terminadas a 50m</i>
Pegas até 4,0m Pegas > 4,0m se RMR>85	<i>Swellex ($l=3\text{m}$)</i> Densidade: Pontuais <i>Não é necessário betão projectado com fibras (BPRF)</i>	
SECÇÃO TIPO B (40<RMR≤70)		
Plena Secção	<i>Após a remoção do escombros</i>	<i>Pregagem sistemática na abóbada disposta em quincôncio, $A_{inf}=4,00\text{m}^2$, $L=2,5\text{m}$. Betão projectado com fibras, $esp=0,05\text{ m}$</i>
Pegas até 3,0m	<i>Swellex ($l=3\text{m}$)</i> Densidade 3-5 un/perfil no tecto Espaçamento= 3 m Se RMR + baixo: + 2 swellex laterais	1º) BPRF uma distância não superior a 15m da frente ou após 1 semana da escavação 2º) Pregagens $\phi 25\text{mm}$ seladas a uma distância não superior a 20 m da frente ou após 2 semanas da escavação e terminadas a 50m ou após 3 semanas da escavação
SECÇÃO TIPO C (RMR≤40)		
Plena Secção	<i>Após a remoção do escombros</i>	<i>Pregagem sistemática disposta em quincôncio, $A_{inf}=2,00\text{m}^2$, $L=2,5\text{m}$. Betão projectado com fibras, $esp=0,10\text{ m}$</i>
Pegas até 3,0m Pegas= 2,0m se RMR≤20	<i>Swellex ($l=3\text{m}$)</i> Densidade 5 un/perfil Espaçamento= 2 m em quincôncio Se RMR + baixo: + 2 swellex laterais <i>Colocação imediata de BPRF com 5 cm de espessura</i> <i>Ser RMR<20</i> 1º) Colocação de BPRF com 5 cm de espessura, logo após remoção 2º) Colocação de costelas metálicas TH (N-29) 3º) Segunda camada de BPRF com 5 cm de espessura	1º) BPRF uma distância não superior a 15m da frente ou após 1 semana da escavação 2º) Pregagens $\phi 25\text{mm}$ seladas a uma distância não superior a 10 m da frente ou após 2 semanas da escavação e terminadas a 50m ou após 3 semanas da escavação
SECÇÃO TIPO D (ZONA DE CHEGADA AO CIRCUITO HIDRÁULICO)		
Conforme classificação (A,B ou C)		
		<i>Pregagem sistemática disposta em quincôncio, $A_{inf}=2,00\text{m}^2$, $L=3,0\text{m}$. Betão projectado com fibras, $esp=0,10\text{ m}$</i>

Fig.3.23 – Contenção nas GAGC e GAR

3.1.8. TROÇO INFERIOR DA GALERIA EM CARGA E GALERIA DA RESTITUIÇÃO

3.1.8.1. Aspectos gerais de escavação

Considera-se o troço inferior da galeria em carga, aquele compreendido entre o pescoço (pK 120) e a central (pK 311-final). A galeria da restituição compreende o troço entre a galeria de ataque (pK40) e a central pK 157 (final), sendo que o troço entre a galeria de ataque e o início da secção corrente a jusante do escoamento (cerca de 11m), é utilizado como rolhão provisório a demolir após a betonagem do rolhão que irá obturar a galeria de ataque durante a estiagem de 2011. Ver desenhos PREP-019, PREP-74 e PREP-83 no [Anexo A1].

A escavação das duas galerias nos troços indicados é semelhante, pelo que o referido em relação a uma deve ser considerado para ambas.

Assim, e dadas as dimensões das secções da GC e GR, a escavação destas galerias é executada em duas fases distintas, conforme figura 3.24 e desenho PREP-065 no [Anexo A1].

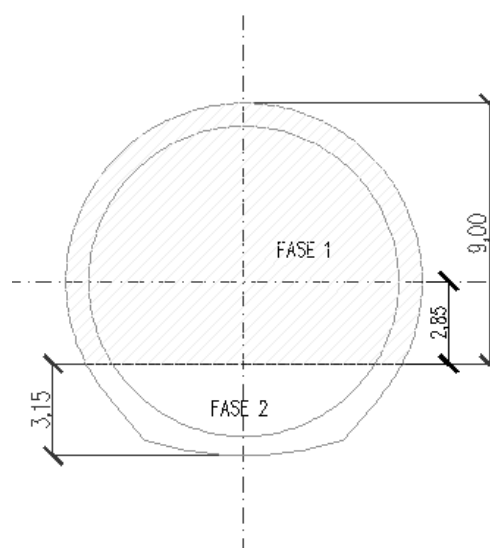


Fig.3.24 – Perfil da escavação faseada da galeria em carga

Cada uma das fases será escavada em galeria, isto é, recorrendo a perfuração horizontal, podendo-se utilizar um dos dois jumbos electro-hidráulicos disponíveis em obra por razões logísticas e de disponibilidades, o *Axera T11 s-315 cabin* de 3 braços, ou o jumbo *ROCKET Bommer E2-C22* 2 braços e cesto.

O faseamento da escavação foi imposto, neste caso, pela **altura máxima** de escavação numa das fases, que deve corresponder ao valor mínimo do alcance máximo dos braços de cada um dos jumbos disponíveis, garantindo-se assim a continuidade dos trabalhos em caso de falta de uma das máquinas, por avaria por exemplo. Assim, a altura máxima é **9 metros**, que corresponde aproximadamente ao mínimo do par de valores (9,035; 10,920), conforme figuras 3.25 e 3.26.

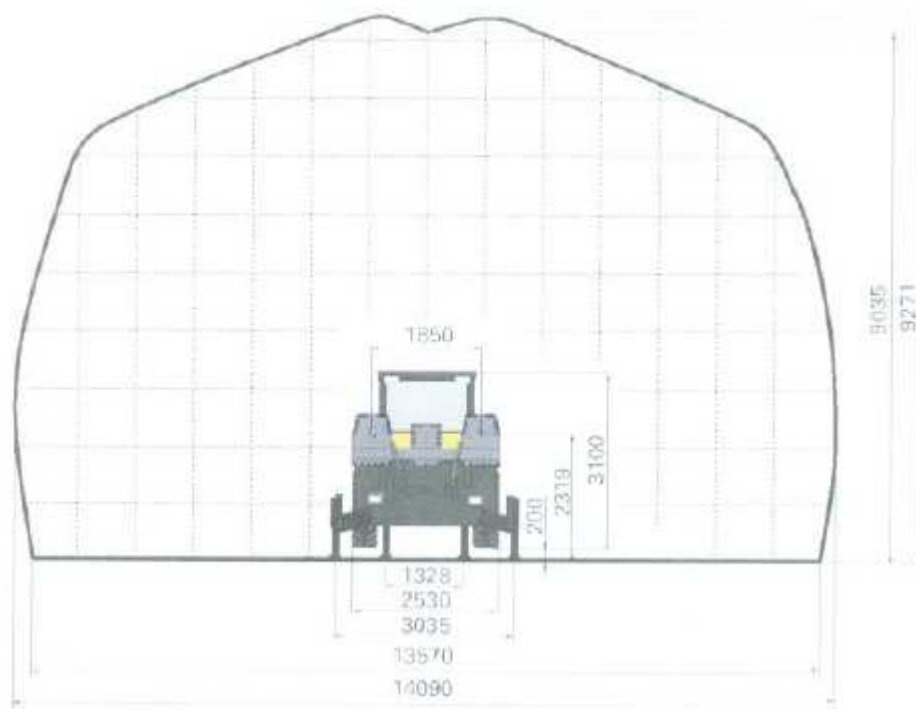


Fig.3.25 – Diagrama de perfuração do jumbo ROCKET Bommer E2-C22 [23]

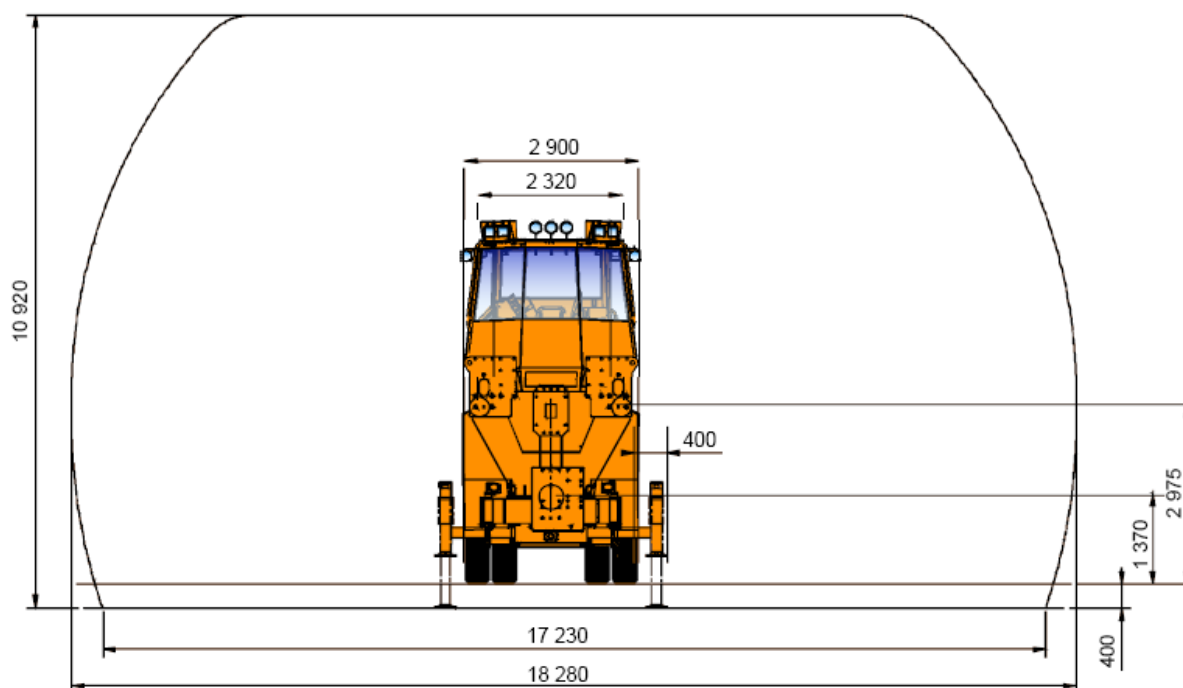


Fig.3.26 – Diagrama de perfuração do jumbo Axera T11 s-315 [7]

A **remoção de escombros** é feita com recurso a camiões carregados com pá carregadora, a partir do momento em que estiver criado o espaço que permita esta operação. Enquanto esse espaço não existir,

recorre-se à utilização de pás mineiras e depósito de escombros provisório no TACII ou carregamento directo em camiões com escavadora hidráulica (giratória).

Concretamente, o ataque à escavação da **galeria em carga** foi feito num ponto intermédio desta galeria, permitindo a criação de duas frentes de desmonte em cada uma das fases de escavação. Assim, é possível fazer a gestão dos recursos, de forma a rentabilizá-los nessas duas frentes. Por exemplo, é possível estar a carregar a pega no lado esquerdo e a furar no lado direito da mesma galeria.

3.1.8.2. Plano de fogo para escavação

A GC tem dois planos de fogo distintos, um para o troço de secção corrente e outro para um pequeno troço blindado de secção alargada. A GR necessita de diversos planos de fogo, pois além do troço de secção corrente e do troço do poço das comportas esta galeria desenvolve-se em secção variável ao longo de cerca de 40 metros que materializam o “tubo de aspiração”. Apresentam-se dois planos de fogo para secções correntes de cada uma das galerias nas figuras A2.4 e A.2.5 no [Anexo A2].

3.1.8.3. Contenção

A contenção definitiva nestas galerias é betão armado moldado, prevendo-se a sua colocação no final da escavação da galeria. Assim, está previsto no projecto de execução a aplicação de uma contenção de acordo com as características geotécnicas do maciço. A contenção provisória na galeria em carga é a prevista no projecto de execução, conforme figuras 3.27 e 3.28 para a secção corrente. [25]

ESCAVAÇÃO	CONTENÇÃO PRIMÁRIA	CONTENÇÃO DEFINITIVA
SECÇÃO TIPO A (RMR>70)		
Duas secções Pegas até 4,0m Pegas = 5,0m se RMR>85	<i>Pregagens tipo Swellex l=4,0m, Ainf=4,00m²</i> <i>Betão projectado com fibras esp=0,05m na abóbada</i> Swellex e BPRF colocados após a escavação a uma distância não superior a 35 m da frente ou após 2 semanas da escavação	<i>Betão armado após escavação total da galeria</i>
SECÇÃO TIPO D (50<RMR≤70)		
Duas secções Pegas até 4,0m	<i>Pregagens tipo Swellex l=4,0m, Ainf=4,00m²</i> <i>Betão projectado com fibras esp=0,10m</i> 1º) Colocação de Swellex após a escavação 2º) Quando RMR próximo do limite inferior, aplicação imediata de 5 cm de BPRF 3º) Contenção terminada a uma distância não superior a 25 m da frente ou após 2 semanas da escavação	<i>Betão armado após escavação total da galeria</i>

Fig.3.27 – Contenção na GC nas secções tipo A e B

ESCAVAÇÃO	CONTENÇÃO PRIMÁRIA	CONTENÇÃO DEFINITIVA
SECÇÃO TIPO C (30<RMR≤50)		
Duas secções Pegas até 3,0 a 4,0m	<i>Pregagens tipo Swellex l=4,0m, Ainf=3,00m²</i> <i>Betão projectado com fibras esp=0,15m</i> 1º) Colocação de swellex após a escavação 2º) Quando RMR próximo do limite inferior, aplicação imediata de 5cm de BPRF 3º) Contenção terminada a uma distância não superior a 25m da frente ou após 2 semanas da escavação	<i>Betão armado após escavação total da galeria</i>
SECÇÃO TIPO D (RMR≤30)		
1ª fase Antes de iniciar a escavação: pré-contenção com guarda-chuvas Sempre que possível: Fazer Furos de prospecção O comprimento de escavação deverá ser inferior ao comprimento do guarda chuva	<i>Betão projectado com fibras esp=0,15m</i> <i>Arcos de betão armados (RRS) realizados com betão projectado e pregagens $\phi 25\text{mm}$ (A400NR) afastadas entre si de 1,50m</i> 1ª fase a) Pré-contenção com guarda-chuvas Guarda-Chuvas: No contorno 90°, 120° ou 180° 6m<Comprimento<12 m inclinação: 3 a 5° para cima Escavação em lanços de 4,5 a 10 metros Colocação de novo guarda-chuva para garantir sobreposição de 1,5m Tipos de Guarda-Chuvas a adoptar: Tipo I: Execução de furos no contorno da escavação Espaç. Furos= entre 0,2 e 0,3m Varão de Aço $\phi 32\text{mm}$ Selagem calda cimento Tipo II: Exe. de furos no contorno da escavação Espaç. Furos= 0,4 Furação $\phi 89\text{mm}$ Tubos de aço $\phi 50\text{mm}$ Manchetes espaçadas 0,75m a 1m Injecções calda cimento b) Escavação c) Contenção Aplicação imediata 2 camadas de BPRF e=5cm: Costelas metálicas tipo TH 29 ou arcos de betão projectado armado Aplicação de BPRF e=5cm: 2ª fase Uma ou duas camadas de BPRF logo após a escavação Prolongamento das costelas metálicas ou pregagens tipo swellex afastadas de 1 a 1,5m Nova camada de BPRF e=5cm	<i>Betão armado após escavação total da galeria</i>
2ª fase Escavação de um corredor central Escavação de cada um dos hasteais, alternadamente		

Fig.3.28 – Contenção na GC nas secções tipo C e D

3.1.9. GALERIA DE VENTILAÇÃO

3.1.9.1. Aspectos gerais de escavação

A escavação desta galeria é executada em plena secção, com recurso a um jumbo electro-hidráulico de dois braços e a remoção é feita com pá mineira.

Note-se que a escolha do jumbo de dois braços nesta empreitada está também ligada com a possibilidade de amortização deste equipamento disponível no parque de máquinas de uma das consorciadas.

Para o cumprimento dos prazos estabelecidos contratualmente, a escavação da GAAC e da própria abóbada é prioritária relativamente à galeria de ventilação, pelo que a escavação da última, é levada a cabo não comprometendo os trabalhos de escavação e contenção da primeira.

3.1.9.2. Plano de fogo para escavação

Na figura A.2.6 do [Anexo A2] é apresentado o plano de fogo desta galeria.

3.1.9.3. Contenção

A contenção desta galeria é igual à das GAGC e GAR para secções tipo A, B e C, com excepção do comprimento das pregagens reduzido para 2 metros.

Ao contrário das outras galerias, o equipamento para **furação das swellex e pregagens** não é o mesmo que o usado na furação das pegs para escavação, pois a coluna do jumbo com cerca de 4,0m de comprimento ficaria atravancada nesta pequena galeria, se tentasse furar perpendicularmente à secção escavada.

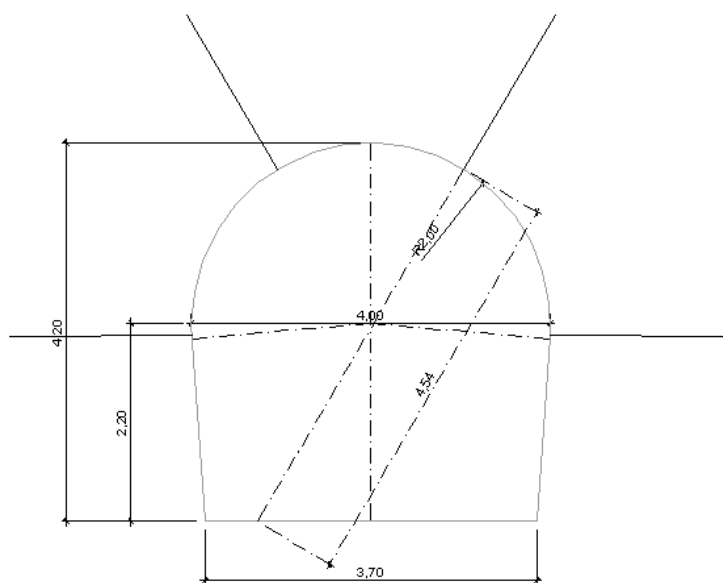


Fig.3.29 – Geometria da galeria de ventilação com posição das pregagens em secção tipo B [21]

Neste caso, utiliza-se então, um **martelo de coluna pneumático perfurador manual**, do tipo BBD 94W da *Atlas Copco*, conforme figura 3.30.



Fig.3.30 – Martelo de coluna BBD 94W [26]

3.2. POÇOS VERTICAIS – POÇO DE CABOS E VENTILAÇÃO

3.2.1. MÉTODO DE ESCAVAÇÃO

Para a escavação deste elemento, e visto que existe acesso á base do poço pela GAAC, recorre-se à tecnologia de *raise boring*, **método standard**. [6]

Este método prevê a colocação do **equipamento no nível superior do poço**, de forma a executar um furo piloto no sentido descendente seguido o alargamento do poço de baixo para cima por rotação da cabeça de corte, de diâmetro igual ao teórico pretendido, e tracção do conjunto.

A **limpeza do furo piloto** é muito importante na medida em que mantém a taxa de perfuração, reduzindo a força necessária a aplicar sobre o bit e o consequente **desvio do furo piloto**. Pode-se obter esta limpeza através de água com pressão e quantidades suficientes para remover para a superfície a rocha desmontada pelo *bit*, e descolar as partículas que se formaram pela acção do *bit*.

Dos factores que contribuem para o desvio do furo piloto, um dos mais importantes é a natureza e homogeneidade do maciço rochoso atravessado, pois a **mudança na dureza da rocha provoca o desvio no furo piloto**. [6]

A limpeza dos detritos resultantes do **alargamento do poço**, “*reaming*”, é conseguida através de água e ar comprimido, caindo na base do poço, de onde são evacuados com recurso a pás mineiras.

A **sequência de operações** para escavação do poço em questão é: [19]

- **Trabalhos preparatórios** no nível superior do poço (base de assentamento 9,0x8,0x0,2, circuito fechado de abastecimento de água com tanques de decantação e bombagem para execução de furo piloto com 1200 l/min de caudal, energia, parque de varas, outros);
- **Instalação do equipamento** no nível superior do poço;
- **Colocação de bit de 15’’** para execução do furo piloto;
- **Execução do furo piloto**, acrescentando varas;
- **Trabalhos preparatórios** na base do poço (colocação de controlo de poeiras através de barreiras e sistemas de aspersão de água, colocação da cabeça de corte, outros);
- **Furação ascendente** com o diâmetro de 5,10m, “*reaming*”, acompanhada de remoção de escombros com pá mineira;
- Recuperação do equipamento, após fixação da cabeça de corte à estrutura metálica existente;
- **Protecção da boca do poço**.

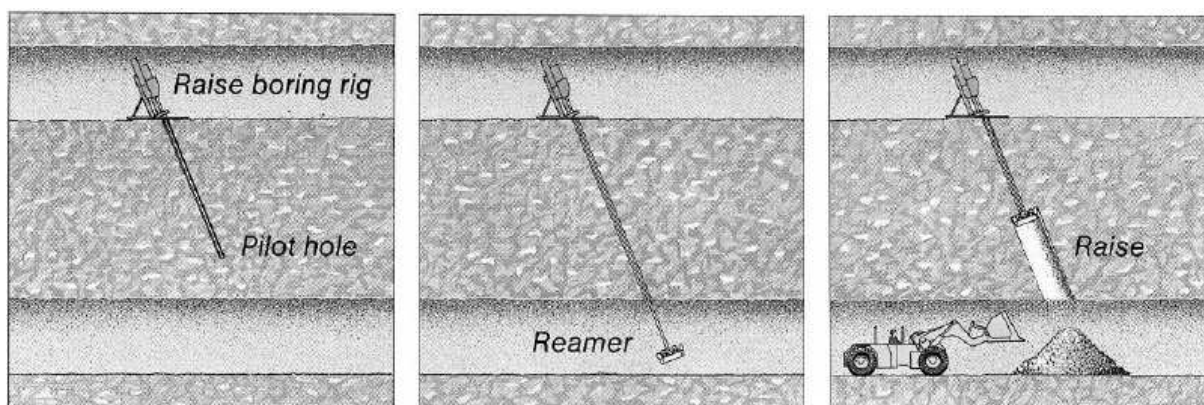


Fig.3.31 – Esquema de escavação com recurso ao raise boring [6]

3.2.2. BREVE APRESENTAÇÃO FOTOGRÁFICA



Fig.3.32 – Tanques de decantação e instalação do equipamento em Fevereiro de 2008



Fig.3.33 – Fim da execução do furo piloto a 28 de Fevereiro de 2008



Fig.3.34 – Colocação e desmontagem da cabeça de corte em Março e Abril de 2008



Fig.3.35 – Recuperação do equipamento em Abril de 2008

3.3. POÇOS INCLINADOS – TROÇO SUPERIOR INCLINADO DA GALERIA EM CARGA – MÉTODO DE ESCAVAÇÃO

Considera-se o **troço superior inclinado** compreendido aproximadamente **entre o pK 30 e o pK100**, e concluída a escavação do troço inferior entre os pK 311 e 100. Assim, estes primeiros 70 metros da galeria em carga, a jusante da tomada de água, dada a sua forma de “*pescoço de cavalo*”, serão escavados recorrendo a uma metodologia diferente das restantes galerias.

Conforme se pode verificar na figura 3.36, a escavação do troço em questão tem que ser executada a partir da tomada de água até à secção de cota inferior, pois a elevada inclinação, aproximadamente 100%, impossibilitava a escavação no sentido inverso, quer por razões de segurança ou de exequibilidade dos trabalhos por falta de tracção do próprio equipamento necessário à escavação (multifunções, equipamento de perfuração, máquina de projectar, pá mineira, camiões, outros).

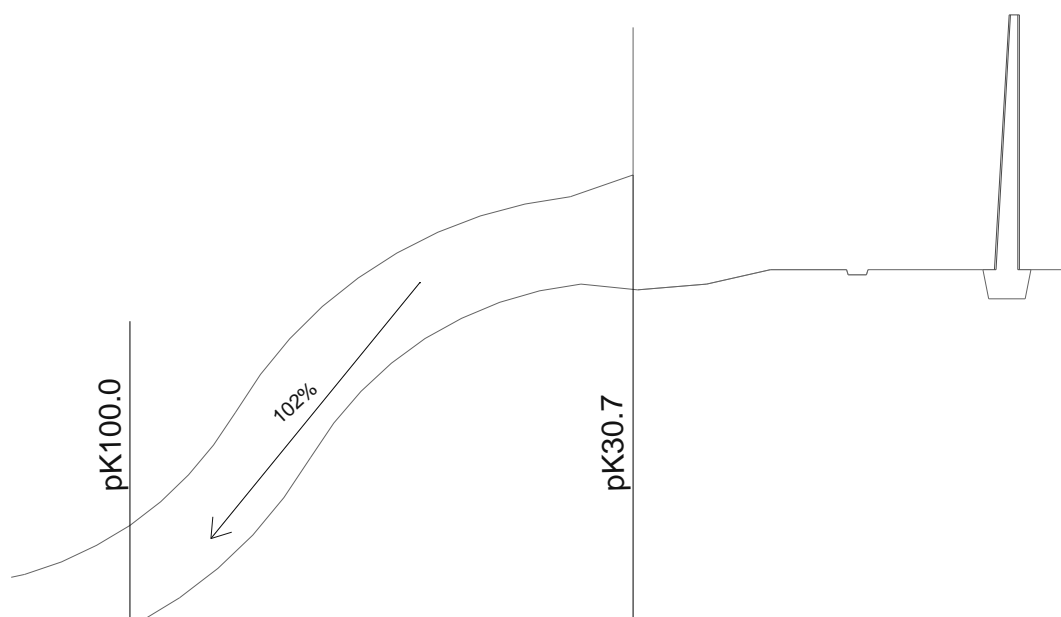


Fig.3.36 – Inclinação aproximada do troço superior da galeria em carga

O início da escavação deste troço prevê-se no final da execução da ensecadeira, pelo que se deve considerar que o **único acesso à frente de escavação** será através de uma **escada-torre** encostada à ensecadeira, impossibilitando assim a remoção directa com camiões carregados na frente de desmonte.

O faseamento de escavação, conforme se descreve, foi idealizado de forma a não ser necessária qualquer operação de retirada de escombros através da tomada de água com recurso a meios elevatórios: [27]

- **1ª Fase de escavação:** escavação de uma galeria piloto com cerca de 30 metros de comprimento, desde a tomada de água, de forma a garantir acesso para execução da 2ª fase de escavação no troço mais inclinado;
Esta galeria tem a mesma secção, forma geométrica, contenção provisória e será escavada da mesma forma que as galerias de ataque. Porém o escombros resultante desta escavação será depositado na zona da tomada de água, junto ao intradorso da ensecadeira, para ser “transportado” através da galeria escavada na 2ª fase até ao troço inferior da galeria em carga onde será carregado e transportado;
- **2ª Fase de escavação:** escavação de uma galeria com 2,10m de diâmetro e cerca de 46m de comprimento ao longo do troço mais inclinado, recorrendo à tecnologia de **raise boring, método standard**;
- **3ª Fase de escavação:** alargamento do troço superior escavado na 1ª fase para plena secção, recorrendo ao jumbo de 2 braços para perfurar apoiado em cima da plataforma de aterro a criar. O escombros resultante desta escavação será “transportado” através da galeria escavada na 2ª fase até ao troço inferior da galeria em carga onde será carregado e transportado;
- **4ª Fase de escavação:** alargamento do troço mais inclinado para a secção plena, recorrendo a um carro de perfuração, “**roc**”, e uma escavadora hidráulica (giratória) de 10 toneladas, auxiliados por **guincho eléctrico** na zona mais inclinada.

Para melhor entendimento do faseamento de escavação ver desenho PREP-101 no [Anexo A1]. Refira-se alguns dos aspectos mais importantes a ter em conta na escavação do troço superior inclinado da galeria em carga:

- O equipamento de furação e remoção da 1ª e 3ª fase, jumbo de 2 braços e pá mineira carregadora, respectivamente, foram colocados na frente de trabalho, recorrendo a um **equipamento pesado de elevação**, bastante oneroso, pelo que permanecerão no intradorso da ensecadeira até ao término da escavação destas fases;



Fig.3.37 – Colocação do jumbo e pá mineira no intradorso da ensecadeira em Novembro de 2008

- As **projectões** que resultam dos disparos na 1ª e 3ª fase podem atingir o equipamento, pelo que será necessário construir uma **garagem de protecção** o mais afastado possível da frente a desmontar;
 - O **emboquilhamento** da galeria piloto a escavar na 1ª fase deverá ser feito com o máximo de atenção, pelo que se deverá executar **furação apenas com 2m de comprimento** nos primeiros disparos;
 - **Os blocos desmontados** que resultam da escavação da 1ª, 3ª e 4ª fases deverão ser **suficientemente pequenos** de forma a serem facilmente “*transportados*” através da galeria escavada com 2,10m de diâmetro, evitando sempre que possível o recurso ao taqueio, que apenas aumenta o custo da escavação e as projectões.
- Assim, deve-se aumentar a furação específica e consequentemente a carga específica, conforme se verifica na figura A.2.7 do [Anexo A2].

3.4. CAVERNAS – MÉTODO DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO DA ABÓBADA DA CENTRAL II [27]

3.4.1. ENTRE AS COTAS 416,90 E 407,30

Esta **escavação**, executada em galeria, com recurso a um jumbo de dois braços para perfurar e pás mineiras na remoção até à criação de espaço suficiente para o carregamento directo em camiões, **pode ser dividida nas seguintes fases:**

- **1ª Fase:**
- **Prolongamento da GAAC** em cerca de 8 metros, com secção variável, de forma a obter nesses avanços as faces para emboquilhamento de 2 novas galerias:
 - **Galeria longitudinal esquerda (GL1)**, com **soleira à cota 407,30**, com desenvolvimento longitudinal relativamente ao eixo maior da central, 60 metros de desenvolvimento, secção igual a 42m² (com largura máxima de 9 metros ao nível da soleira), e que define a geometria final da abóbada entre as cotas 407,30 e 414,70;
 - **Galeria transversal 1 (GT1)**, com **soleira à cota 407,30**, no topo norte da central e a toda a largura (33 metros). Esta galeria com 8 metros de largura e 7,40 metros de altura (secção de 55m², assimétrica), define parcelarmente o topo norte da central (nos 7,40 metros de altura do seu hasteal direito) e permite o ataque à **galeria longitudinal direita (GL2)**, simétrica à GL1, e ao **núcleo central (NC)** entre galerias.
- **Escavação da galeria GT1**, com pegadas de 4 metros, e respectiva contenção com betão projectado, aplicando as espessuras teóricas de projecto, nas superfícies definitivas (topo norte e hasteal de jusante da central);
- **2ª Fase:**
- **Escavação simultânea das galerias GL1 e GL2**, com **soleiras às cotas 407,30**, com desenvolvimento na horizontal a todo o comprimento da caverna e definição final da abóbada entre as cotas 407,30 e 414,70. As pegadas são de 4 metros de comprimento;
- **Execução da contenção provisória/definitiva** no contorno final da abóbada escavada;
- **3ª Fase:**
- **Escavação de 3 galerias transversais GT2, GT3 e GT4**, com **soleiras às cotas 407,30**, interligando as galerias GL1 e GL2. As galerias GT2 e GT3 têm o seu eixo coincidente com o alinhamento de projecto onde se prevê instalar os **extensómetros**

da abóbada, largura de 5 metros, e destinam-se a **possibilitar a sua execução previamente à escavação do núcleo central**. A galeria GT4 tem o seu hasteal esquerdo coincidente com o topo sul da central, uma largura de 8 metros, e destina-se a **possibilitar a definição final das escavações e respectivas contenções de projecto**, no topo sul. As 3 galerias transversais definem, no final da escavação, o contorno final da abóbada. O desenvolvimento destas galerias é de aproximadamente 15 metros, correspondentes à largura do NC por escavar;

- **Execução da contenção provisória/definitiva** no contorno final da abóbada escavada **após a conclusão da escavação** das GT's, atendendo á geometria das secções (vão de 5 metros, no avanço), e ao facto de já se encontrarem aplicadas as pregagens definitivas nas escavações adjacentes;
- **4ª Fase:**
 - **Escavação das galerias provisórias transversal com soleiras à cota 391,80 (GT5) e longitudinal também à cota 391,80 (GL3).** Esta fase, visto que se decorre com recursos e cota distinta (391,80) dos trabalhos em curso na abóbada (à cota 407,30), pode desenvolver-se independentemente das restantes fases. A escavação destas duas galerias destina-se a permitir **abrir frente livre para o desmonte em bancada descrito na fase 7**, entre as cotas 407,30 e 402,00;
 - A **GT5** tem o seu eixo coincidente com o eixo do túnel de acesso à central, e é o seu prolongamento no interior da caverna da central, permitindo comunicar com o início da galeria de acesso à câmara das comportas. Tem o seu início no hasteal de montante da central e o fim no hasteal de jusante, desenvolvimento de 23 metros entre as cotas 391,80 e 400,3. A secção é similar à do TACII, simplificada;
 - A **GL3** tem o seu eixo paralelo ao eixo maior da central, com início no hasteal esquerdo da GT5, desenvolvimento de aproximadamente 33 metros e secção igual à da GT5;
- **5ª Fase:**
 - **Montagem dos extensómetros de fundação**, nos alinhamentos das galerias GT2 e 3 com **interrupção da escavação da abóbada**, dada a necessidade de montagem de estruturas de acesso e apoio e laboração contínua na montagem destes instrumentos;
 - **Execução das pregagens definitivas nos topos da central;**
 - **Finalização** das pregagens definitivas no contorno final da abóbada escavada na 3ª fase, visto ainda não terem terminado;
- **6ª Fase:**
 - **Escavação do NC**, tendo em conta que após este desmonte a abóbada fica escavada no seu vão máximo (33 metros). Assim, os avanços são reduzidos para um comprimento de 3 metros, de forma a diminuir a perturbação nas contenções já instaladas e no maciço envolvente;
 - **Acertos da abóbada no topo norte da abóbada**, nomeadamente o tecto sobre a galeria GT1, concordâncias para os ataques à GL1, GL2 e NC;
 - **Execução da contenção provisória/definitiva** no contorno final da abóbada escavada.

3.4.2. ENTRE AS COTAS 407,30 E 402,00

Esta escavação é executada em bancada, com recurso a um carro de perfuração hidráulico sobre rastros “roc D3-01R” para perfuração vertical e carregamento directo em camiões com uma pá carregadora e uma escavadora hidráulica sobre rastros de 32 toneladas.



Fig.3.38 – Carro de perfuração roc D3-01R

Esta bancada a desmontar situa-se entre as cotas 407,30 e 402,00, na largura de 23 metros, correspondente à largura do corpo da caverna, abaixo da abóbada. A **cota 402,00** constitui a cota final de escavação da abóbada, **necessária para garantir a execução do revestimento em betão armado** da abóbada da central.

No início desta fase, o acesso à abóbada faz-se exclusivamente através da galeria de ataque.

Corresponde à 7ª fase de escavação e pode ser dividida nas seguintes etapas:

- **Etapla 7.1**
 - **Abertura de poço vertical sobre a GT5, na zona de intercepção com a GL3.** Este poço tem um diâmetro aproximado de 5 metros e uma altura de 7,00 metros entre as cotas 407,30 e 400,30, destinando-se a criar uma frente livre para escavação da bancada. A carga, e transporte de escombros são feitos directamente pelo TACII;
- **Etapla 7.2**
 - **Abatimento dos tectos das galerias GT5 (entre o poço e o TACII) e GL3, com remoção de escombros pelo TACII;**
 - Execução de rampa de ligação entre o TACII e a base da bancada (402,00), na zona dos abatimentos efectuados. Ficam criadas condições para proceder à carga e transporte de toda a bancada a partir da cota inferior;
- **Etaplas 7.3 à 7.8** (Ver plano de fogo na figura A2.9 no [Anexo A2])
 - **Desmorte em bancada na altura total (5,30 metros),** faseada de acordo com as frentes livres que forem sucessivamente criadas.
 - De realçar que a etapa 7.6 consiste no abatimento da parte do tecto da GT5 que ainda não tinha sido escavado.

- A etapa 7.8 refere-se à escavação e contenção do rebaixo da GAAC para a cota prevista em projecto (404,80), sendo executada em rampa para aceder à cota 402,00 no interior da central, ficando assim reposto o acesso.

3.4.3. CUNHAS E PRÉ-CORTE

Corresponde à 8ª fase de escavação:

- **Escavação das cunhas** entre a cota 402,00 e 407,30 na zona correspondente à base do revestimento de betão armado da abóbada e caminho de rolamento da ponte rolante. Após abertura de frente necessária, **é efectuada escavação com recurso a jumbo** (furação horizontal), **de forma a garantir a melhor definição possível do contorno** nesta zona. Para escavação da cunha de montante sobre a rampa, esta será aterrada;
- **Execução da contenção provisória/definitiva no contorno final da abóbada escavada.** É nesta fase que são executadas as pregagens em falta ao nível da GL1 e GL2, cunhas e topos na altura da bancada;
- **Execução de pré-corte** em todo o perímetro da Central entre as cotas 402,00 e 391,80. Este pré-corte terá que ser feito nesta fase, visto que após a execução do betão armado das vigas do caminho do rolamento da ponte rolante não é possível colocar um carro de perfuração de forma a executar esta perfuração necessária à definição do contorno da caverna entre as cotas supra citadas;

3.4.4. ATERRO

Corresponde à 9ª fase de escavação: e corresponde ao aterro da zona da rampa, e regularização da soleira para início das actividades de revestimento com betão armado da abóbada.

4

RECURSOS UTILIZADOS

4.1. ESTRATÉGIA GERAL DE ESCAVAÇÃO

4.1.1. DESCRIÇÃO

A estratégia adoptada está tendencialmente direccionada para a escavação da **Central II**, cumprindo todos os requisitos impostos pelo **Dono de Obra**, nomeadamente as datas chave intermédias, procurando sempre a **optimização dos recursos** a utilizar. Assim, a distribuição dos recursos foi feita da seguinte forma:

- O **TACII**, é escavado com recurso a 2 equipas de escavação em turnos de 11 horas e 1 jumbo de 3 braços (Axera T11), chamada **equipa 1**.
- Aquando o início da escavação da **GAAC**, são mobilizadas mais 2 equipas de escavação, igualmente distribuídas em turnos, destinadas também a escavar a abóbada da central II e a galeria de ventilação. Estas equipas, dispõem de 1 Jumbo de 2 braços para executar a escavação da GAAC (Minimatic), de 1 Jumbo de 2 braços e 1 cesto para executar escavação da abóbada entre as cotas 416,90 e 407,30 (E2C), e um carro de perfuração roc D3-01R a partir da cota 407,30 (**equipa 2**).
- Com o início da escavação da **GAGC** entram 2 novas equipas em turnos com o mesmo jumbo de 2 braços que participou na escavação da GAAC, denominada **equipa 3**.
- Após a escavação do TACII, a **equipa 1** continua a escavação sob a central à cota da soleira do TACII, ficando afecta à escavação da **GACC**, com o mesmo jumbo de 3 braços. Quando finalizar a escavação desta galeria, a equipa 1 fica afecta à **GAR**, que trocará de jumbo com a equipa 3, podendo esta frente de trabalho usufruir do jumbo de 3 braços na escavação da **1ª fase da GC**.
- A **equipa 3** continua com a escavação da **2ª fase da GC** com o jumbo de 2 braços que entretanto é disponibilizado pela equipa 1 que terminou a escavação da GAR.
- A **equipa 1** inicia e finaliza a escavação da **GR**, com o jumbo de dois braços que deverá ser disponibilizado pela equipa 2.

A mobilização destes equipamentos é feita de forma escalonada no tempo, conforme as necessidades da obra, mantendo-se contudo em permanência durante a empreitada, um jumbo de 2 braços e 1 carro de perfuração.

Não se prevê a simultaneidade de necessidade de utilização do mesmo Jumbo em mais que uma frente de trabalho, o que disponibiliza este equipamento para a execução das contenções definitivas, eventual necessidade de aceleração de outras frentes de trabalho ou substituição de outra máquina parada por avaria.

Optou-se por usar os Jumbos na execução da 2ª fase da escavação do troço inferior da galeria em carga e da galeria da restituição, apesar de existir também disponível um carro de perfuração roc D3-01R.

A carga e transporte de escombros das galerias já foram descritos atrás para cada um dos elementos escavados. Sucintamente, optou-se por duas pás mineiras de 4,5m³ que fazem o percurso da frente de desmonte ao local provisório de acumulação de escombros, ficando a carga da frota constituída por pá carregadora de pneus e 7 camiões basculantes de 12m³, a carga e transporte até à escombreira. No TACII, GC E GR e Central II, a remoção de escombros é feita com carga directa para os camiões na frente de desmonte.

Para remover os elementos soltos após a remoção (saneamento ou escombramento), utiliza-se uma escavadora hidráulica (giratória) com *ripper* ou *martelo*, que é utilizada noutras funções, nomeadamente acertos de escavação. Este saneamento, por questões de segurança, é verificado manualmente, com o auxílio de uma vara metálica.

4.1.2. EVOLUÇÃO DOS TRABALHOS

São apresentadas no Quadro 4.1 as datas de início e fim reais de cada uma das frentes escavadas/contidas até Janeiro de 2009.

Para uma melhor compreensão da evolução das escavações, ver desenho PREP-019 no [Anexo A1].

Quadro 4.1 – Datas de início e fim reais das frentes de trabalho

		Início	Fim	Dias calendário	Meses
TACII	Escavação	20-Ago-2007	26-Mar-2008	219	7,3
	Betões	28-Dez-2007	29-Mar-2008	92	3,1
Túnel Existente	Escavação	1-Out-2007	17-Jun-2008	260	8,7
	Vários	11-Mar-2008	29-Out-2008	232	7,7
GAAC	Escavação	23-Nov-2007	13-Fev-2008	82	2,7
CENTRAL II	Escavação A.	14-Fev-2008	2-Abr-2008	48	1,6
	Extensómetros	3-Abr-2008	14-Mai-2008	41	1,4
	Escavação B.	15-Mai-2008	31-Jul-2008	77	2,6
	Betões	1-Ago-2008	29-Out-2008	89	3,0
GAGC	Escavação	19-Fev-2008	26-Abr-2008	67	2,2
GACC	pK0-Pk95	7-Abr-2008	30-Abr-2008	23	0,8
GAR	Escavação I	29-Jan-2008	12-Fev-2008	14	0,5
	Escavação II	2-Mai-2008	16-Jul-2008	75	2,5
GV	Escavação	26-Jan-2008	10-Mai-2008	105	3,5
GC- troço inferior	1ª FASE	30-Abr-2008	17-Jul-2008	78	2,6
	2ª FASE	31-Jul-2008	12-Set-2008	43	1,4
GR (pK 36,5-pK140)	1ª FASE	24-Jul-2008	18-Set-2008	56	1,9
	2ª FASE	1-Out-2008	29-Out-2008	28	0,9
PCV	Piloto	22-Fev-2008	29-Fev-2008	7	0,2
	Reaming	5-Mar-2008	5-Abr-2008	31	1,0
Tomada água (T.A)	Escavação +soco	20-Ago-2007	28-Nov-2007	100	3,3
	Vários	29-Nov-2007	20-Fev-2008	83	2,8
Ensecadeira T.A	Betões	1-Ago-2008	20-Out-2008	80	2,7
Bocal Restituição	Escavação +viga	20-Ago-2007	22-Nov-2007	94	3,1
Ensecadeira Restituição	Escavação	15-Jul-2008	14-Set-2008	61	2,0
	Betões.	15-Set-2008	20-Out-2008	35	1,2

Note-se que a escavação dos primeiros 39 metros da GAR foi executada entre 29 Jan. e 12 Fev. (14 dias) de forma a criar um nicho intermédio de escombros a usar durante a escavação da abóbada da central até à criação de espaço suficiente para o carregamento directo nos camiões. A escavação da GAR apenas se reiniciou no dia 2 de Maio, tendo terminado a 16 de Julho (75 dias).

4.1.3. CICLO DE OPERAÇÕES

No decorrer de um turno de trabalho, pode realizar-se um ou mais ciclos completos composto pelas seguintes operações em sequência:

- Marcação da pega;
- Furação da pega;
- Furação para swellex;
- Colocação de swellex;
- Carregamento e disparo;
- Ventilação;
- Rega;
- Remoção do escombros;
- Escombramento ou saneamento.

Considera-se que as operações ligadas à contenção definitiva, pregagens em varão de aço, estão fora do ciclo normal de trabalhos e consequentemente do caminho crítico, executando-se a furação durante o carregamento da pega e qualquer uma das outras operações (colocação, selagem, injeção e colocação de chapa e porca), durante a furação das pegas.

O *timing* de colocação, selagem e injeção das pregagens depende da caracterização geológica do maciço em cada avanço.

A colocação do betão projectado implica a interrupção do ciclo durante o período de tempo necessário para conclusão dessa campanha de BPRF. A quantidade de betão depende também da caracterização geológica do maciço.

A **marcação da pega** consiste em desenhar na frente de desmonte o diagrama de fogo dimensionado. Essa marcação pode ser feita pela topografia ou pelo encarregado de frente. É normal, visto ser menos moroso e portanto mais rentável, a marcação ser feita sempre pelo encarregado e quando necessário verificada pela topografia.

Se o equipamento de perfuração estiver equipado com o sistema de furação automática ou semi-automática, reconhecendo o diagrama de fogo dimensionado, basta marcar um ponto de referência do diagrama de fogo, e orientar o braço do Jumbo no sentido pretendido. Obtém-se desta forma várias vantagens conforme se verá adiante, entre as quais a redução do tempo necessário à marcação da pega.

A marcação da pega quando feita pelo encarregado, consiste em marcar um terceiro ponto na frente de escavação, alinhado com outros dois pontos conhecidos afastados de alguns metros (ver figura 4.1). A partir desta marcação, o encarregado faz a marcação do contorno da pega, conforme a preparação em papel fornecida pela topografia. Os dois pontos conhecidos são materializados nas paredes do túnel topograficamente uma única vez, e juntamente com a preparação devem ser suficientes para a marcação topográfica de vários avanços consecutivos sem intervenção topográfica.

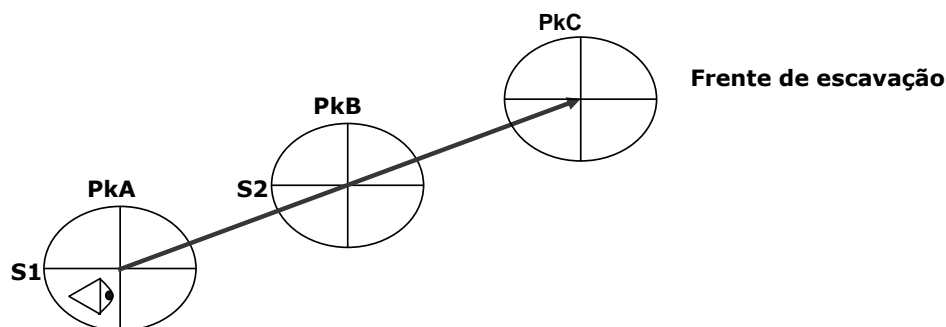


Fig.4.1 – Esquema de marcação do ponto de referência da pega

Na **furação** horizontal, é fundamental água e energia eléctrica para abastecimento do Jumbo.

A água contribui para a limpeza do furo e arrefece o bit. A alimentação eléctrica é também imprescindível não só para o funcionamento do Jumbo, mas também de outros equipamentos, nomeadamente de projecção e injeção. Torna-se necessária a criação de nichos para colocação do quadro eléctrico, sendo a distância entre estes nichos proporcional ao comprimento do cabo eléctrico de alimentação do Jumbo, recomendando-se uma pequena folga.

Para assegurar uma maior qualidade de perfuração e redução do tempo de ciclo devem seguir-se um conjunto de regras, algumas das quais já foram referidas aquando a apresentação da determinação teórica do plano de fogo em galeria:

- O Jumbo deve ser posicionado para que permita, uma vez estabilizado, atingir qualquer ponto do perímetro de escavação, não sendo necessário o seu reposicionamento;
- A distância percorrida pelos braços deve ser a menor possível;
- Os braços devem realizar uma quantidade de metros de furo semelhante para que perfuração termine ao mesmo tempo para ambos;
- A furação deve iniciar-se na soleira, seguindo-se os hasteais e tecto, evitando assim que os furos da soleira fiquem obstruídos pelos detritos resultantes da furação dos furos seguintes;
- Proceder-se-á à colocação de tubos de PVC nos furos da soleira, de forma imediata, cujo diâmetro deverá ser o mais aproximado do diâmetro dos furos e tal que permita a entrada dos cartuchos de explosivo. Estes tubos devem ter o comprimento suficiente para evitar a colmatação dos furos com detritos e possibilitar a sua visualização pelos trabalhadores aquando do carregamento;
- Após a furação dos furos de contorno (soleira, hasteais e tecto), executam-se os furos de alargamento, de forma descendente, evitando a queda de detritos em furos já realizados;
- Evitar o alinhamento vertical das colunas de perfuração;
- Evitar a aproximação dos braços, independentemente do seu alinhamento;
- O furo largo deve ser executado antes dos furos do 1.º quadrado, para que em caso de intersecção destes com o furo largo se possa proceder á execução de um novo furo.

A **furação e colocação de swellex** são actividades que podem ser cumpridas imediatamente após a furação da pega.

Durante o **carregamento**, ligações e **disparo**, decorrem as seguintes tarefas, em sequência e coordenadas pelo encarregado de frente:

- O explosivo e os acessórios são transportados cuidadosamente até à frente de desmonte através de um multifunções;
- A operação de carregamento apenas se inicia após o fim da furação;
- Distribui-se os detonadores pelos respectivos furos de acordo com o plano de fogo;
- Escorva-se o 1.º cartucho de cada tiro e carrega-se o respectivo furo, também de acordo com o plano de fogo, respeitando o calibre e n.º de cartuchos estabelecido para o respectivo tiro. No atacamento deverá utilizar-se uma vara de madeira ou PVC, boleada na extremidade para não ferir o cabo do detonador. No contorno da escavação, utilizam-se cargas pré-preparadas, espaçadas em tubos “ómega”, assegurando-se a propagação da detonação com cordão detonante;
- Após o carregamento e atacamento do furo, coloca-se o tamponamento previamente efectuado com o cartão humedecido e enrolado das caixas de explosivo;
- Posteriormente ao carregamento, atacamento e tamponamento de todos os furos, procede-se à ligação dos tubos dos detonadores com cordão detonante 6g/m.l;
- Finalmente, liga-se um detonador iniciador às duas pontas livres do cordão, de modo a garantir dois caminhos para a iniciação da pega. O tubo deste detonador é ligado com uma pequena união de plástico ao tubo de transmissão e este ao explosor;
- Procede-se ao rebentamento, cumprindo todas as normas de segurança e procedimentos aplicáveis, no que diz respeito ao aviso da pega.

Relativamente ao procedimento de aviso, sugere-se o seguinte:

- Antes da ligação dos tubos dos detonadores, com cerca de 30 minutos de antecedência, deve-se informar as restantes frentes de trabalho que se irá disparar a pega em breve;
- Cerca de 10 minutos antes deve-se informar, para que todos os trabalhadores procurem um local para se protegerem;
- 5 Minutos antes do disparo deve-se verificar se existe alguma situação que obrigue ao adiar da pega, em caso negativo protegem-se as condutas de água e ar, desliga-se a ventilação, recolhe-se a manga e procede-se ao 1.º aviso sonoro com 1 toque longo, que assinala o disparo;
- O disparo deve ser efectuado em local abrigado e afastado da frente;
- Após o disparo e sucesso da pega, emite-se o 2º aviso sonoro com 2 toques curtos.

Após o disparo da pega é necessário garantir a extracção dos gases tóxicos provocados pela reacção explosiva e poeiras provenientes do desmonte de rocha, pelo que se deve proceder à **ventilação** da frente.

O tempo de ventilação depende da geometria e comprimento do túnel, da diferença de pressões entre a frente de desmonte e o bocal de saída (função do gradiente térmico), e do tipo e capacidade dos ventiladores instalados.

Concluída a ventilação da frente e antes de se iniciar a remoção do escombros, procede-se á **lavagem** da frente e hasteais, e **rega** do escombros, com recurso a uma agulheta de água. Esta tarefa reduz a formação de poeiras durante a remoção, permite a observação das características do maciço, promove o saneamento de alguns fragmentos de rocha, e elimina parte das poeiras tóxicas, garantindo maior segurança no decorrer das tarefas seguintes.

Remete-se a **remoção do escombros** e o **escombramento** para a descrição da estratégia geral de escavação, onde já foram referidos estes aspectos.

4.1.4. TURNO DE TRABALHO

As **equipas de mão-de-obra** a utilizar **num turno de trabalho** têm a seguinte constituição:

- 5 Marteleiros;
- 1 Electricista;
- 1 Serralheiro;

O equipamento pode-se subdividir em **equipamento específico para cada frente de trabalho**:

- 1 Equipamento de perfuração (jumbo de 2 ou 3 braços carro de perfuração “roc”);
- 1 Equipamento multifunções giratório;
- 2 Pás mineiras com balde de 4,5 m³ de capacidade;
- 1 Escavadora Hidráulica (giratória) sobre rastros de 32 Ton;
- 1 Pá carregadora de pneus;
- 7 Camiões basculantes de 12m³,

e equipamento comum:

- 2 Robots de Projecção de Betão, sendo um deles de reserva;
- 2 Centrais de Injecção de calda de cimento;
- 2 Equipamentos de medição de caudais e pressões de calda de cimento (LOGAC).

4.2. DESCRIÇÃO DOS RECURSOS

Pretende-se listar todos os recursos e respectivos custos unitários mensais, necessários para a estimativa dos custos.

4.2.1. MÃO-DE-OBRA DIRECTA E DE ENQUADRAMENTO

Quadro 4.2 – Custos unitários de mão-de-obra [Euros]

Descrição	Un	Custo/un	Descrição	Un	Custo/un
Marteleiro	Mês	2.162,16	Eng. Electromecânico	Mês	5.389,20
Electricista	Mês	2.162,16	Técnicos segurança	Mês	2.432,90
Serralheiro	Mês	2.162,16	Apontador de segurança	Mês	1.100,00
Mecânico	Mês	2.162,16	Topógrafo	Mês	6.100,00
Lubrificador	Mês	1.700,00	Porta miras	Mês	1.100,00
Servente	Mês	1.100,00	Preparador	Mês	3.069,43
Condutor manobrador	Mês	2.162,16	Medidor	Mês	3.069,43
Plantão do estaleiro social	Mês	1.100,00	Chefe administrativo	Mês	4.045,23
Motorista pesados	Mês	2.162,16	Téc. Administrativo	Mês	1.797,40
Encarregado escavações	Mês	4.823,20	Apontador de ponto	Mês	1.100,00
Arvorado	Mês	3.218,05	Fiel Armazém	Mês	1.100,00
Encarregado mecânico	Mês	3.012,03	Motorista Armazém	Mês	1.310,00
Encarregado electricidade	Mês	3.012,03	Ferramenteiro	Mês	1.100,00
Eng. Adjunto	Mês	5.000,00	Secretária	Mês	1.300,00
Eng. Produção	Mês	7.864,45	Equipa geotecnia	Mês	20.400,00
Director técnico	Mês	16.279,38	Laboratório	Mês	9.780,00
Eng. Área técnica	Mês	7.864,45	Servente laboratório	Mês	1.100,00
Eng. Qualidade e ambiente	Mês	3.200,00	Assistência médica	Mês	1.100,00
Eng. Gestor segurança	Mês	3.200,00	Guarda	Mês	2.493,99

4.2.2. MATERIAIS

Quadro 4.3 – Custos unitários de materiais [Euros]

Descrição	Un	Custo/un	Descrição	Un	Custo/un
Betão projectado com fibras	m ³	135,55	Vara R25-R25 L=3000 mm	un	91,71
Cordão detonante 6-10-12g/m	m	0,23	Bit R28 38 mm	un	44,94
Detonador nonel PRIMADET	un	1,75	Bit R32 45/48 mm	un	61,88
Gelamonite 26/32/40;Riogel	Kg	1,60	Bit R32 102 mm	un	227,14
Tubo transmissão C350	m	0,21	Bit R32 64 mm	Un	94,30
Tubo ómega D32X3000	un	0,26	Bit T38 64mm	un	94,94
Tubo PVC D40X3000	un	1,36	Bit R25 38mm	un	50,89
Encabadouro T38	un	153,00	Pregagens L=2,5m	un	10,69
União T38-R38 (F/F)	un	65,04	Pregagens L=3,0m	un	12,71
União T38-T38 (F/F)	un	43,64	Pregagens L=4,0m	un	16,07
União T38-R32 (F/M)	un	65,04	Pregagens L=6,0m	un	22,93
União R32-R25 (F/F)	un	29,90	Swellex L=2,7m	un	10,77
União R25-R25 (F/F)	un	25,81	Swellex L=3,0m	un	11,44
Vara R38-R28 L=4305 mm	un	177,50	Swellex L=4,0m	un	14,36
Vara T38-R32 L=4305 mm	un	215,87	Swellex L=6,0m	un	29,23
Vara MF T38 L=3700 mm	un	223,39			

4.2.3. EQUIPAMENTO E REDES

Quadro 4.4 – Custos unitários de equipamento [Euros]

Descrição	Un	Custo/un	Descrição	Un	Custo/un
Jumbo Axera 3 braços	Mês	36.500,00	Compressor móvel 12 m ³	Mês	998,79
Jumbo E2C 2 braços+cesto	Mês	26.000,00	Compressor fixo	Mês	2.702,88
Jumbo Minimatic 2 braços	Mês	7.840,00	Rede Eléctrica–BT-galerias	Mês	555,56
Multifunções rotativo	Mês	4.000,00	P.T's (1000Kva + 400Kva)	Mês	2.047,17
Robot de projecção	Mês	9.800,00	Bombas submersíveis	Mês	6.102,47
Central de injeção Unigrout	Mês	1.108,70	Rede esgotos - galerias	Mês	456,95
Bomba de swellex	Mês	76,25	Rede água industrial*	Mês	456,95
Camião caixa basculante	Mês	6.050,00	Carro de abastecimento	Mês	1.500,00
Pá carregadora pneus	Mês	4.235,00	Manga de ventilação	Mês	934,08
Pá mineira pneus	Mês	10.000,00	Equipamento de ventilação	Mês	5.139,06
Viatura ligeira de apoio	Mês	6.000,00	Filtro prensa	Mês	1.544,44
Escavadora hidráulica 32ton	Mês	6.000,00	LOGAC	Mês	2.086,96
Camião grua	Mês	6.776,00	Martelo de Coluna	Mês	1.000,00
Tractor + Jopper	Mês	1.320,00	Pórtico+guincho do PCV	Mês	10.698,33
Gerador 500 KVA	Mês	5.620,00	Diversos	Mês	1.500,00

*Valor arbitrado igual à “Rede de Esgotos – galerias”

4.2.4. SUBEMPREITADAS E OUTROS

Quadro 4.5 – Custos unitários de subempreitadas e diversos [Euros]

Descrição	Un	Custo/un	Descrição	Un	Custo/un
Medição de vibrações	Mês	1.408,26	Telefone	Mês	1.100,00
Raise Boring PCV DN5,10m	vg	708.496,22	Ensaio diversos	Mês	5.745,54
Comunicação Rádio	Mês	1.646,81	Estudos e projectos	Mês	7.168,80
Contentores	Mês	12.946,37	Ambiente	Mês	3.857,66
Dormidas	Mês	2.500,00	Gastos Expediente	Mês	250,00
Contentor de frente	Mês	94,73	Mobiliário de escritório	Mês	2.521,58
Manutenção de caminhos	Mês	1.000,00	Segurança – EPI's	Mês	900,00
Transportes	Mês	4.166,67	Passaporte de Segurança	Mês	2.281,96
Transportes de pessoal	Mês	9.600,00	Despesas de representação	Mês	200,00
Água	Mês	350,00	Informática	Mês	1.080,13
Electricidade - EDP	Mês	4.000,00			

4.3. ESTIMATIVA DE CUSTOS

4.3.1. DEFINIÇÕES

Por facilidade de cálculo, considera-se **custos directos**, todos os recursos que **contribuem directamente para a execução das escavações e contenções** numa determinada frente de trabalho. No entanto, quando existem **recursos** que estão **afectos a várias frentes**, como por exemplo o robot de projecção, consideram-se **custos indirectos**.

O valor total dos custos indirectos para cada frente deverá ser directamente proporcional ao tempo de permanência e volume dos trabalhos executados nessa frente relativamente ao tempo de permanência e volume de trabalho totais.

As quantidades de BPRF, pregagens e swellex são as realmente fornecidas para a obra, mas visto que não existe registo dos explosivos e acessórios, as quantidades destes materiais são calculadas com base nos planos de fogo reais. As quantidades de aço de furação são calculadas com base nos rendimentos teóricos de cada um dos acessórios, visto que também não existe registo de saída de armazém deste material por frente de trabalho.

A estimativa dos custos de escavação do T.A.CII não inclui os custos com a limpeza de vegetação e escavação a céu aberto até ao plano de emboquilhamento.

Relativamente à **galeria de acesso à câmara das comportas**, considera-se a escavação e contenção desta galeria até ao **pK 95**, deixando-se os últimos 25 metros para uma fase posterior. As escavações e contenções desta galeria foram interrompidas a 30 de Abril de 2008 ao pK95, por um lado devido à **ventilação deficiente**, pois o último troço de manga estava colocado imediatamente antes do troço revestido em betão armado do T.A.CII junto à central, troço este em execução. Por outro lado, como o maciço sobre a GT5 descomprimia a uma velocidade crescente à medida que se avançava com o

desmonte do núcleo central, por **questões de segurança** impediu-se a passagem e único acesso à GACC ao longo da GT5.

Em relação ao **troço inferior da galeria em carga e da galeria de restituição**, visto que o método construtivo utilizado para escavar e conter estas duas galerias foi o mesmo, bem como os recursos utilizados, apenas se apresenta a determinação dos custos do troço inferior da galeria em carga. Considera-se o troço inferior da galeria em carga, aquele compreendido entre o pescoço (pK 120) e a central (pK 311-final). Visto que a escavação desta galeria é executada em duas fases distintas, apresentam-se os custos referentes às fases 1 e 2.

4.3.2. CUSTOS DIRECTOS

4.3.2.1. Túnel de acesso à central

Quadro 4.6 – Mão-de-obra directa - TACII [Euros]

Descrição	Un	Custo/un	Quantidade	Meses	Total	%
Marteleiro	Mês	2.162,16	10*	7,3	157.837,68	54,17
Manobrador Jumbo	Mês	2.162,16	2*	7,3	31.567,54	10,83
Manobrador multifunções	Mês	2.162,16	2*	7,3	31.567,54	10,83
Encarregado escavações	Mês	4.823,20	2*	7,3	70.418,72	24,17
					291.391,48	100,00%

*2 Turnos de trabalho

Quadro 4.7 – Equipamento directo - TACII [Euros]

Descrição	Un	Custo/un	Quantidade	Meses	Total	%
Jumbo Axera 3 braços	Mês	36.500,00	1	7,3	266.450,00	89,95
Multifunções rotativo	Mês	4.000,00	1	7,3	29.200,00	9,86
Bomba de swellex	Mês	76,25	1	7,3	556,63	0,19
					296.206,63	100,00%

Quadro 4.8 – Materiais - TACII [Euros]

Descrição	Un	Custo/un	Quantidade	Total	%
Betão projectado com fibras	m ³	135,55	1.037	140.565,35	31,80
Cordão detonante 6-10-12g/m	m	0,23	18.500	4.255,00	0,96
Detonador nonel PRIMADET	un	1,75	24.235	42.411,25	9,59
Gelamonite 26/32/40;Riogel	Kg	1,60	92.500	148.000,00	33,48
Tubo transmissão C350	m	0,21	37.000	7.770,00	1,76
Tubo ómega D32X3000	un	0,26	7.585	1.972,10	0,45
Tubo PVC D40X3000	un	1,36	2.035	2.767,60	0,63
Encabadouro T38	un	153,00	60	9.180,00	2,08
União T38-R38 (F/F)	un	65,04	2	130,08	0,03
União T38-T38 (F/F)	un	43,64	54	2.356,56	0,53
União T38-R32 (F/M)	un	65,04	1	65,04	0,01
União R32-R25 (F/F)	un	29,90	2	59,8	0,01
União R25-R25 (F/F)	un	25,81	2	51,62	0,01
Vara R38-R28 L=4305 mm	un	177,50	4	710,00	0,16
Vara T38-R32 L=4305 mm	un	215,87	129	27.847,23	6,30
Vara MF T38 L=3700 mm	un	223,39	1	223,39	0,05
Vara R25-R25 L=3000 mm	un	91,71	1	91,71	0,02
Bit R28 38 mm	un	44,94	13	584,22	0,13
Bit R32 45/48 mm	un	61,88	194	12.004,72	2,72
Bit R32 102 mm	un	227,14	3	681,42	0,15
Bit R32 64 mm	un	94,30	10	943,00	0,21
Bit T38 64mm	un	94,94	1	94,94	0,02
Bit R25 38mm	un	50,89	3	152,67	0,03
Pregagens L=3,0m	un	12,71	1467	18.645,57	4,22
Pregagens L=4,0m	un	16,07	352	5.656,64	1,28
Pregagens L=6,0m	un	22,93	58	1.329,94	0,30
Swellex L=3,0m	un	11,44	1021	11.680,24	2,64
Swellex L=4,0m	un	14,36	130	1.866,8	0,42
				442.096,89	100,00%

4.3.2.2. Galeria de ataque à galeria em carga

Quadro 4.9 – Mão-de-obra directa - GAGC [Euros]

Descrição	Un	Custo/un	Quantidade	Meses	Total	%
Marteleiro	Mês	2.162,16	10*	2,2	47.567,52	48,87
Manobrador Jumbo	Mês	2.162,16	2*	2,2	9.513,50	9,77
Manobrador multifunções	Mês	2.162,16	2*	2,2	9.513,50	9,77
Manobrador pá mineira	Mês	2.162,16	2*	2,2	9.513,50	9,77
Encarregado escavações	Mês	4.823,20	2*	2,2	21.222,08	21,82
					97.330,10	100,00%

*2 Turnos de trabalho

Quadro 4.10 – Equipamento directo - GAGC [Euros]

Descrição	Un	Custo/un	Quantidade	Meses	Total	%
Jumbo Minimatic 2 braços	Mês	7.840,00	1	2,2	17.248,00	35,77
Multifunções rotativo	Mês	4.000,00	1	2,2	8.800,00	18,25
Pá mineira pneus	Mês	10.000,00	1	2,2	22.000,00	45,63
Bomba de swellex	Mês	76,25	1	2,2	167,75	0,35
					48.215,75	100,00%

Quadro 4.11 – Materiais - GAGC [Euros]

Descrição	Un	Custo/un	Quantidade	Total	%
Betão projectado com fibras	m ³	135,55	82	11.115,10	22,82
Cordão detonante 6-10-12g/m	m	0,23	2.700	621,00	1,28
Detonador nonel PRIMADET	un	1,75	3.348	5.859,00	12,03
Gelamonite 26/32/40;Riogel	Kg	1,60	9.598	15.356,80	31,53
Tubo transmissão C350	m	0,21	10.800	2.268,00	4,66
Tubo ómega D32X3000	un	0,26	1.242	322,92	0,66
Tubo PVC D40X3000	un	1,36	324	440,64	0,90
Encabadouro T38	un	153,00	9	1.377,00	2,83
União T38-R38 (F/F)	un	65,04	1	65,04	0,13
União T38-T38 (F/F)	un	43,64	8	349,12	0,72
Vara R38-R28 L=4305 mm	un	177,50	1	177,50	0,36
Vara T38-R32 L=4305 mm	un	215,87	18	3.885,66	7,98
Bit R28 38 mm	un	44,94	2	89,88	0,18
Bit R32 45/48 mm	un	61,88	27	1.670,76	3,43
Bit R32 102 mm	un	227,14	1	227,14	0,47
Bit R32 64 mm	Un	94,30	2	188,60	0,39
Pregagens L=2,5m	un	10,69	62	662,78	1,36
Pregagens L=3,0m	un	12,71	215	2.732,65	5,61
Swellex L=3,0m	un	11,44	113	1.292,72	2,65
				48.702,31	100,00%

4.3.2.3. Galeria de acesso à câmara das comportas até pK95

Quadro 4.12 – Mão-de-obra directa - GACC [Euros]

Descrição	Un	Custo/un	Quantidade	Meses	Total	%
Marteleiro	Mês	2.162,16	10*	0,8	17.297,28	54,17
Manobrador Jumbo	Mês	2.162,16	2*	0,8	3.459,46	10,83
Manobrador multifunções	Mês	2.162,16	2*	0,8	3.459,46	10,83
Encarregado escavações	Mês	4.823,20	2*	0,8	7.717,12	24,17
					31.933,32	100,00%

*2 Turnos de trabalho

Quadro 4.13 – Equipamento directo - GACC [Euros]

Descrição	Un	Custo/un	Quantidade	Meses	Total	%
Jumbo Axera 3 braços	Mês	36.500,00	1	0,8	29.200,00	89,95
Multifunções rotativo	Mês	4.000,00	1	0,8	3.200,00	9,86
Bomba de swellex	Mês	76,25	1	0,8	61,00	0,19
					32.461,00	100,00%

Quadro 4.14 – Materiais - GACC [Euros]

Descrição	Un	Custo/un	Quantidade	Total	%
Betão projectado com fibras	m ³	135,55	42	5.693,10	17,84
Cordão detonante 6-10-12g/m	m	0,23	1.600	368,00	1,15
Detonador nonel PRIMADET	un	1,75	2.144	3.752,00	11,76
Gelamonite 26/32/40;Riogel	Kg	1,60	6.939	11.102,40	34,80
Tubo transmissão C350	m	0,21	6.400	1.344,00	4,21
Tubo ómega D32X3000	un	0,26	736	191,36	0,60
Tubo PVC D40X3000	un	1,36	224	304,64	0,95
Encabadouro T38	un	153,00	6	918,00	2,88
União T38-R38 (F/F)	un	65,04	1	65,04	0,20
União T38-T38 (F/F)	un	43,64	5	218,20	0,68
Vara R38-R28 L=4305 mm	un	177,50	1	177,50	0,56
Vara T38-R32 L=4305 mm	un	215,87	12	2.590,44	8,12
Bit R28 38 mm	un	44,94	2	89,88	0,28
Bit R32 45/48 mm	un	61,88	18	1.113,84	3,49
Bit R32 102 mm	un	227,14	1	227,14	0,71
Bit R32 64 mm	Un	94,30	1	94,30	0,30
Pregagens L=2,5m	un	10,69	177	1.892,13	5,93
Swellex L=3,0m	un	11,44	154	1.761,76	5,52
				31.903,73	100,00%

4.3.2.4. Galeria de ataque à restituição

Consideram-se os seguintes recursos directos:

Quadro 4.15 – Mão-de-obra directa - GAR [Euros]

Descrição	Un	Custo/un	Quantidade	Meses	Total	%
Marteleiro	Mês	2.162,16	10*	3,0	64.864,80	44,52
Manobrador Jumbo	Mês	2.162,16	2*	3,0	12.972,96	8,90
Manobrador multifunções	Mês	2.162,16	2*	3,0	12.972,96	8,90
Manobrador pá mineira	Mês	2.162,16	4**	3,0	25.945,92	17,82
Encarregado escavações	Mês	4.823,20	2*	3,0	28939,20	19,86
					145.695,84	100,00%

*2 Turnos de trabalho

**2 pás mineiras por turno

Quadro 4.16 – Equipamento directo - GAR [Euros]

Descrição	Un	Custo/un	Quantidade	Meses	Total	%
Jumbo Minimatic 2 braços	Mês	7.840,00	1	3	23.520,00	24,57
Multifunções rotativo	Mês	4.000,00	1	3	12.000,00	12,53
Pá mineira pneus	Mês	10.000,00	2	3	60.000,00	62,66
Bomba de swellex	Mês	76,25	1	3	228,75	0,24
					95.748,75	100,00%

Quadro 4.17 – Materiais - GAR [Euros]

Descrição	Un	Custo/un	Quantidade	Total	%
Betão projectado com fibras	m ³	135,55	212	28.736,60	28,70
Cordão detonante 6-10-12g/m	m	0,23	4.300	989,00	0,99
Detonador nonel PRIMADET	un	1,75	5.676	9.933,00	9,92
Gelamonite 26/32/40;Riogel	Kg	1,60	17.988	28.780,80	28,74
Tubo transmissão C350	m	0,21	17.200	3.612,00	3,61
Tubo ómega D32X3000	un	0,26	2.064	536,64	0,54
Tubo PVC D40X3000	un	1,36	516	701,76	0,70
Encabadouro T38	un	153,00	15	2.295,00	2,29
União T38-R38 (F/F)	un	65,04	1	65,04	0,06
União T38-T38 (F/F)	un	43,64	13	567,32	0,57
Vara R38-R28 L=4305 mm	un	177,50	2	355,00	0,35
Vara T38-R32 L=4305 mm	un	215,87	31	6.691,97	6,68
Bit R28 38 mm	un	44,94	5	224,70	0,22
Bit R32 45/48 mm	un	61,88	46	2.846,48	2,84
Bit R32 102 mm	un	227,14	2	454,28	0,45
Bit R32 64 mm	Un	94,30	4	377,20	0,38
Pregagens L=2,5m	un	10,69	330	3.527,70	3,52
Pregagens L=3,0m	un	12,71	396	5.033,16	5,03
Swellex L=3,0m	un	11,44	385	4.404,40	4,40
				100.132,05	100,00%

4.3.2.5. Troço inferior da galeria em carga e galeria de restituição

Quadro 4.18 – Mão-de-obra directa – GC troço inferior – fases 1 e 2 [Euros]

Descrição	Un	Custo/un	Quantidade	Meses	Total	%
Marteleiro	Mês	2.162,16	10*	4,0	86.486,40	54,17
Manobrador Jumbo	Mês	2.162,16	2*	4,0	17.297,28	10,83
Manobrador multifunções	Mês	2.162,16	2*	4,0	17.297,28	10,83
Encarregado escavações	Mês	4.823,20	2*	4,0	38.585,60	24,17
					159.666,56	100,00%

*2 Turnos de trabalho

Quadro 4.19 – Equipamento directo - GC troço inferior – fases 1 e 2 [Euros]

Descrição	Un	Custo/un	Quantidade	Meses	Total	%
Jumbo Axera 3 braços	Mês	36.500,00	1	4,0	146.000,00	89,95
Multifunções rotativo	Mês	4.000,00	1	4,0	16.000,00	9,86
Bomba de swellex	Mês	76,25	1	4,0	305,00	0,19
					162.305,00	100,00%

Quadro 4.20 – Materiais - GC troço inferior – fases 1 e 2 [Euros]

Descrição	Un	Custo/un	Quantidade	Total	%
Betão projectado com fibras	m ³	135,55	800	108.440,00	51,86
Cordão detonante 6-10-12g/m	m	0,23	5.500	1.265,00	0,60
Detonador nonel PRIMADET	un	1,75	8.415	14.726,25	7,04
Gelamonite 26/32/40;Riogel	Kg	1,60	28.228	45.164,80	21,60
Tubo transmissão C350	m	0,21	11.000	2.310,00	1,10
Tubo ómega D32X3000	un	0,26	2.310	600,60	0,29
Tubo PVC D40X3000	un	1,36	880	1.196,80	0,57
Encabadouro T38	un	153,00	22	3.366,00	1,61
União T38-T38 (F/F)	un	43,64	19	829,16	0,40
União T38-R32 (F/M)	un	65,04	3	195,12	0,09
União R32-R25 (F/F)	un	29,90	9	269,10	0,13
União R25-R25 (F/F)	un	25,81	9	232,29	0,11
Vara T38-R32 L=4305 mm	un	215,87	43	9.282,41	4,44
Vara R25-R25 L=3000 mm	un	91,71	7	641,97	0,31
Bit R32 45/48 mm	un	61,88	69	4.269,72	2,04
Bit R32 102 mm	un	227,14	1	227,14	0,11
Bit R25 38mm	un	50,89	17	865,13	0,41
Swellex L=4,0m	un	14,36	899	12.909,64	6,17
Swellex L=6,0m	un	29,23	79	2.309,17	1,10
				209.100,3	100,00%

4.3.3. CUSTOS INDIRECTOS

4.3.3.1. Afecção às frentes de trabalho

Considere-se as seguintes datas correspondentes ao início da escavação do TACII e final da escavação da galeria de restituição, **20 de Agosto de 2007** e **29 de Outubro de 2008**, respectivamente. É o período compreendido entre estas duas datas, que servirá para efeitos de distribuição de custos indirectos.

Como já foi referido, durante este período para uma dada frente, os recursos serão distribuídos **mensalmente**, proporcionalmente ao tempo de permanência e volume dos trabalhos executados nessa frente relativamente ao tempo de permanência e volume de trabalho totais.

Distribuídos os recursos, obtém-se para cada um deles o **valor total de afectação percentual** à frente de trabalho em causa. O somatório resultante dos valores anteriores aplicados à quantidade total de cada recurso e respectivo preço unitário corresponde ao valor total estimado dos custos.

Apenas se demonstrará o cálculo dos custos indirectos do TACII, apresentando-se para as restantes frentes apenas os valores totais.

Assim, as frentes consideradas para “*diluir*” os custos neste período são:

- Túnel existente (escavações, contenções, passeio e reposição do pavimento).
- TACII (escavações e contenções, betões nos emboquilhamentos e soleira);
- GAAC (escavações e contenções);
- GAGC (escavações e contenções);
- GAR (escavações e contenções);
- CENTRAL II (escavações e contenções da abóbada, instalação de extensómetros, betonagem e injeção da abóbada);
- Galeria de Ventilação (escavações e contenções);
- GACC (escavações e contenções);
- PCV (acessos, escavações e contenções);
- GC troço inferior (escavações e contenções);
- GC troço superior (escavações e contenções);
- GR (escavações e contenções);
- Tomada de Água – T.A (desvio de estrada, protecção dos transformadores, escavações e contenções);
- Ensecadeira da tomada de água (escavações e contenções para a fundação, betonagens e injeções);
- Bocal da restituição – B.R (escavações e contenções);
- Ensecadeira da restituição (escavações e contenções para a fundação, betonagens e injeções);

Como auxílio na distribuição mensal dos recursos, apresenta-se graficamente o desenvolvimento temporal destas frentes:

Quadro 4.21 – Desenvolvimento temporal das frentes entre Ago.07 e Out. 08

TAREFAS	Ago07	Set07	Out07	Nov07	Dez07	Jan08	Fev08	Mar08	Abr08	Mai08	Jun08	Jul08	Ago08	Set08	Out08
TACII-Escav.															
TACII-Betões															
Exist-Escav.															
Exist-Vários															
GAAC															
CENTRAL-Escav. A															
CENTRAL-Extens.															
CENTRAL-Escav. B															
CENTRAL-Betões															
GAGC															
GACC															
GAR - Escavação I															
GAR - Escavação II															
GV															
GC- troço inferior															
GR (pK 36,5-pK140)															
PCV															
T.A- Escav.+soco															
T.A-Vários															
Ensec. T.A-Betões															
B.R-Escav+viga															
Ensec Restit.-Escav.															
Ensec. Restit-Betões															

Assim, mensalmente, considera-se a seguinte distribuição de recursos expressa em percentagem:

Quadro 4.22 – Mão-de-obra - TACII [%]

RECURSO	Ago07	Set07	Out07	Nov07	Dez07	Jan08	Fev08	Mar08	Total
Mart.	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Elect.	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,6
Serra.	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,6
Mec.	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,6
Lubri.	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,6
Serv.	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,6
Man robot	50	50	33	33	33	33	20	20	272,0
Man pá carreg	50	50	33	33	33	33	20	20	272,0
Plantão	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,6
Motor.pes	50	50	33	33	33	20	20	20	259,0
Enc.escav	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Arvorado	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Enc. Mec.	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,6
Enc. Elec.	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,6
Eng. Adj.	0	0	50	50	50	33	25	25	233,0
Eng.Prod	100	100	50	50	50	33	25	25	433,0
Dir.técñ	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,6
Eng.Ár.Técñ	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,6
Eng.Qual.Amb	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,6
Eng.Gest.Seg	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,6
Eng.Electr	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,6
Técñ.seg	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,6
Apont. Seg	0	0	25	25	25	20	14,3	14,3	123,6
Top.	100	100	50	50	50	33	25	25	433,0
Porta	100	100	50	50	50	33	25	25	433,0
Prep.	33	33	25	25	25	20	25	25	211,0
Med.	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Ch.adm	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,6
Técñ.Adm	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,6
Apont. Ponto	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,6
Fiel	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,6
Motor.Arm	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,6
Ferrame.	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,6
Secretária	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,6
Eq.geotec	33	33	25	25	33	33	20	20	222,0
Lab.	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,6
Serv. Lab.	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,6
Assist. médica	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,6
Guarda	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,6

Quadro 4.23 – Equipamento e redes - TACII [%]

RECURSO	Ago07	Set07	Out07	Nov07	Dez07	Jan08	Fev08	Mar08	Total
Axera	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
E2C	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Minimati	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Multif. Rot	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Robot	50	50	33	33	33	33	20	20	272,00
Unigrout	33	33	25	25	33	33	20	20	222,00
Bomb.Swellex	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Camião	50	50	33	33	33	33	20	20	272,00
Pá carreg.	50	50	33	33	33	33	20	20	272,00
Pá mineira	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Viatura	100	100	50	50	50	20	14,3	14,3	398,60
Giratória 32ton	50	50	50	50	33	25	14,3	14,3	286,60
Camião grua	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,60
Jopper	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,60
Ger. 500	100	100	100	100	50	33	20	20	523,00
Compr. Móvel	100	100	100	100	50	33	20	20	523,00
Compr. Fixo	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
BT-galerias	100	100	100	100	50	50	20	20	540,00
P.T's	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Bombas	33	33	25	25	25	25	16,7	16,7	199,40
Rede esgotos	33	33	25	25	25	25	16,7	16,7	199,40
Rede água	33	33	25	25	25	25	16,7	16,7	199,40
Carro Abast	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,60
Manga	100	100	100	100	50	50	16,7	16,7	533,40
Equip. Vent	100	100	100	100	50	50	16,7	16,7	533,40
Filtro prensa	0	0	0	0	0	0	0	16,7	16,70
LOGAC	33	33	25	25	33	33	20	20	222,00
Martelo Coluna	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Pórtico PCV	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Diversos	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,60

Quadro 4.24 – Subempreitadas e outros - TACII [%]

RECURSO	Ago07	Set07	Out07	Nov07	Dez07	Jan08	Fev08	Mar08	Total
Vibrações	33	33	25	25	33	33	20	20	222,00
Raise Boring	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Rádios	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,60
Contentores	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,60
Dormidas	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,60
Cont. frente	100	100	50	50	50	33	25	25	433,00
Caminhos	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,60
Transportes	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,60
Transp.pessoal	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,60
Água	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,60
EDP	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,60
Telefone	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,60
Ensaio	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,60
Est. Proj.	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,60
Ambiente	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,60
Expediente	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,60
Mobil.escr.	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,60
EPI's	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,60
Passap.Seg	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,60
Desp. Repres	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,60
Informática	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,60

Assim, aplicando os custos unitários e quantidades de cada recurso ao respectivo valor percentual obtém-se os seguintes valores estimados:

	Ago-07	Set-07	Out-07	Nov-07	Dez-07	Jan-08	Fev-08	Mar-08	TOTAL	TOTAL/100	CUSTO/MÊS	UN	CUSTO TOTAL	%
Mart.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	2.162,16	0,00	0,00	0,00
Elect.	33,0	33,0	25,0	25,0	25,0	20,0	14,3	14,3	189,6	1,90	2.162,16	5,00	20497,28	5,12
Serra.	33,0	33,0	25,0	25,0	25,0	20,0	14,3	14,3	189,6	1,90	2.162,16	3,00	12298,37	3,07
Mec.	33,0	33,0	25,0	25,0	25,0	20,0	14,3	14,3	189,6	1,90	2.162,16	4,00	16397,82	4,10
Lubrí.	33,0	33,0	25,0	25,0	25,0	20,0	14,3	14,3	189,6	1,90	1.700,00	1,00	3223,20	0,81
Serv.	33,0	33,0	25,0	25,0	25,0	20,0	14,3	14,3	189,6	1,90	1.100,00	2,00	4171,20	1,04
Man robot	50,0	50,0	33,0	33,0	33,0	33,0	20,0	20,0	272,0	2,72	2.162,16	2,00	11762,15	2,94
Man pá carreg	50,0	50,0	33,0	33,0	33,0	33,0	20,0	20,0	272,0	2,72	2.162,16	2,00	11762,15	2,94
Plantão	33,0	33,0	25,0	25,0	25,0	20,0	14,3	14,3	189,6	1,90	1.100,00	1,00	2085,60	0,52
Motor.pes	50,0	50,0	33,0	33,0	33,0	20,0	20,0	20,0	259,0	2,59	2.162,16	7,00	39199,96	9,80
Enc.escav	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	4.823,20	0,00	0,00	0,00
Arvorado	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	3.218,05	0,00	0,00	0,00
Enc. Mec.	33,0	33,0	25,0	25,0	25,0	20,0	14,3	14,3	189,6	1,90	3.012,03	1,00	5710,81	1,43
Enc. Elec.	33,0	33,0	25,0	25,0	25,0	20,0	14,3	14,3	189,6	1,90	3.012,03	1,00	5710,81	1,43
Eng. Adj.	0,0	0,0	50,0	50,0	50,0	33,0	25,0	25,0	233,0	2,33	5.000,00	1,00	11650,00	2,91
Eng.Prod	100,0	100,0	50,0	50,0	50,0	33,0	25,0	25,0	433,0	4,33	7.864,45	1,00	34053,07	8,51
Dir.téc.	33,0	33,0	25,0	25,0	25,0	20,0	14,3	14,3	189,6	1,90	16.279,38	1,00	30865,70	7,72
Eng.Ár.Téc.	33,0	33,0	25,0	25,0	25,0	20,0	14,3	14,3	189,6	1,90	7.864,45	1,00	14911,00	3,73
Eng.Qual.Amb	33,0	33,0	25,0	25,0	25,0	20,0	14,3	14,3	189,6	1,90	3.200,00	1,00	6067,20	1,52
Eng.Gest.Seg	33,0	33,0	25,0	25,0	25,0	20,0	14,3	14,3	189,6	1,90	3.200,00	1,00	6067,20	1,52
Eng.Electr	33,0	33,0	25,0	25,0	25,0	20,0	14,3	14,3	189,6	1,90	5.389,20	1,00	10217,92	2,55
Téc. seg	33,0	33,0	25,0	25,0	25,0	20,0	14,3	14,3	189,6	1,90	2.432,90	3,00	13838,34	3,46
Apont. Seg	0,0	0,0	25,0	25,0	25,0	20,0	14,3	14,3	123,6	1,24	1.100,00	1,00	1359,60	0,34
Top.	100,0	100,0	50,0	50,0	50,0	33,0	25,0	25,0	433,0	4,33	6.100,00	1,00	26413,00	6,60
Porta	100,0	100,0	50,0	50,0	50,0	33,0	25,0	25,0	433,0	4,33	1.100,00	1,00	4763,00	1,19
Prep.	33,0	33,0	25,0	25,0	25,0	20,0	25,0	25,0	211,0	2,11	3.069,43	1,00	6476,50	1,62
Med.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	3.069,43	0,00	0,00	0,00
Ch.adm	33,0	33,0	25,0	25,0	25,0	20,0	14,3	14,3	189,6	1,90	4.045,23	1,00	7669,76	1,92
Téc. Adm	33,0	33,0	25,0	25,0	25,0	20,0	14,3	14,3	189,6	1,90	1.797,40	2,00	6815,74	1,70
Ap. Ponto	33,0	33,0	25,0	25,0	25,0	20,0	14,3	14,3	189,6	1,90	1.100,00	1,00	2085,60	0,52
Fiel	33,0	33,0	25,0	25,0	25,0	20,0	14,3	14,3	189,6	1,90	1.100,00	1,00	2085,60	0,52
Motor.Arm	33,0	33,0	25,0	25,0	25,0	20,0	14,3	14,3	189,6	1,90	1.310,00	1,00	2483,76	0,62
Ferrame.	33,0	33,0	25,0	25,0	25,0	20,0	14,3	14,3	189,6	1,90	1.100,00	1,00	2085,60	0,52
Secretária	33,0	33,0	25,0	25,0	25,0	20,0	14,3	14,3	189,6	1,90	1.300,00	1,00	2464,80	0,62
Eq.geotec	33,0	33,0	25,0	25,0	33,0	33,0	20,0	20,0	222,0	2,22	20.400,00	1,00	45288,00	11,32
Lab.	33,0	33,0	25,0	25,0	25,0	20,0	14,3	14,3	189,6	1,90	9.780,00	1,00	18542,88	4,64
Serv. Lab.	33,0	33,0	25,0	25,0	25,0	20,0	14,3	14,3	189,6	1,90	1.100,00	2,00	4171,20	1,04
Assist. médica	33,0	33,0	25,0	25,0	25,0	20,0	14,3	14,3	189,6	1,90	1.100,00	1,00	2085,60	0,52
Guarda	33,0	33,0	25,0	25,0	25,0	20,0	14,3	14,3	189,6	1,90	2.493,99	1,00	4728,61	1,18
													400.009,01	100,00

Fig.4.2 – Cálculo do valor total da mão-de-obra – TACII [Euros]

	Ago-07	Set-07	Out-07	Nov-07	Dez-07	Jan-08	Fev-08	Mar-08	TOTAL	TOTAL/100	CUSTO/MÊS	UN	CUSTO TOTAL	%
Jumbo Axera 3 braços	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	36500,00	0,00	0,00	0,00
Jumbo E2C 2 braços+cesto	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	26000,00	0,00	0,00	0,00
Jumbo Minimatic 2 braços	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	7840,00	0,00	0,00	0,00
Multifunções rotativo	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	4000,00	0,00	0,00	0,00
Robot de projecção	50	50	33	33	33	33	20	20	272,00	2,72	9800,00	1,00	26656,00	8,62
Central de injeção Unigrout	33	33	25	25	33	33	20	20	222,00	2,22	1108,70	2,00	4922,63	1,59
Bomba de swellex	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	76,25	0,00	0,00	0,00
Camião caixa basculante	50	50	33	33	33	33	20	20	272,00	2,72	6050,00	7,00	115192,00	37,27
Pá carregadora pneus	50	50	33	33	33	33	20	20	272,00	2,72	4235,00	1,00	11519,20	3,73
Pá mineira pneus	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	10000,00	2,00	0,00	0,00
Viatura ligeira de apoio	100	100	50	50	50	20	14	14	398,60	3,99	6000,00	1,00	23916,00	7,74
Escavadora hidráulica 32ton	50	50	50	50	33	25	14	14	286,60	2,87	6000,00	1,00	17196,00	5,56
Camião grua	33	33	25	25	25	20	14	14	189,60	1,90	6776,00	1,00	12847,30	4,16
Tractor + Jopper	33	33	25	25	25	20	14	14	189,60	1,90	1320,00	1,00	2502,72	0,81
Gerador 500 KVA	100	100	100	100	50	33	20	20	523,00	5,23	5620,00	1,00	29392,60	9,51
Compressor móvel 12 m ³	100	100	100	100	50	33	20	20	523,00	5,23	998,79	1,00	5223,67	1,69
Compressor fixo	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	2702,88	0,00	0,00	0,00
Rede Eléctrica-BT-galerias	100	100	100	100	50	50	20	20	540,00	5,40	555,56	1,00	3000,02	0,97
P.T.'s (1000Kva + 400Kva)	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	2047,17	0,00	0,00	0,00
Bombas submersíveis	33	33	25	25	25	25	17	17	199,40	1,99	6102,47	1,00	12168,33	3,94
Rede esgotos - galerias	33	33	25	25	25	25	17	17	199,40	1,99	456,95	1,00	911,16	0,29
Rede água industrial*	33	33	25	25	25	25	17	17	199,40	1,99	456,95	1,00	911,16	0,29
Carro de abastecimento	33	33	25	25	25	20	14	14	189,60	1,90	1500,00	1,00	2844,00	0,92
Manga de ventilação	100	100	100	100	50	50	17	17	533,40	5,33	934,08	1,00	4982,38	1,61
Equipamento de ventilação	100	100	100	100	50	50	17	17	533,40	5,33	5139,06	1,00	27411,75	8,87
Filtro prensa	0	0	0	0	0	0	0	0	16,70	0,17	1544,44	0,00	0,00	0,00
LOGAC	33	33	25	25	33	33	20	20	222,00	2,22	2086,96	1,00	4633,05	1,50
Martelo de Coluna	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	1000,00	0,00	0,00	0,00
Pórtico+guincho do PCV	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	10698,33	0,00	0,00	0,00
Diversos	33	33	25	25	25	20	14	14	189,60	1,90	1500,00	1,00	2844,00	0,92
													309.073,96	100,00

Fig.4.3 – Cálculo do valor total do equipamento e redes – TACII [Euros]

	Ago-07	Set-07	Out-07	Nov-07	Dez-07	Jan-08	Fev-08	Mar-08	TOTAL	TOTAL/100	CUSTO/MES	UN	CUSTO TOTAL	%
Medição de vibrações	33	33	25	25	33	33	20	20	222,00	2,22	1408,26	1,00	3126,34	2,61
Raise Boring PCV DN5,10m	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	708496,22	0,00	0,00	0,00
Comunicação Rádio	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,60	1,90	1646,81	1,00	3122,35	2,61
Contentores	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,60	1,90	12946,37	1,00	24546,32	20,49
Dormidas	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,60	1,90	2500,00	1,00	4740,00	3,96
Contentor de frente	100	100	50	50	50	33	25	25	433,00	4,33	94,73	1,00	410,18	0,34
Manutenção de caminhos	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,60	1,90	1000,00	1,00	1896,00	1,58
Transportes	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,60	1,90	4166,67	1,00	7900,01	6,59
Transportes de pessoal	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,60	1,90	9600,00	1,00	18201,60	15,19
Água	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,60	1,90	350,00	1,00	663,60	0,55
Electricidade - EDP	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,60	1,90	4000,00	1,00	7584,00	6,33
Telefone	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,60	1,90	1100,00	1,00	2085,60	1,74
Ensaio diversos	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,60	1,90	5745,54	1,00	10893,54	9,09
Estudos e projectos	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,60	1,90	7168,80	1,00	13592,04	11,35
Ambiente	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,60	1,90	3857,66	1,00	7314,12	6,11
Gastos Expediente	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,60	1,90	250,00	1,00	474,00	0,40
Mobiliário de escritório	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,60	1,90	2521,58	1,00	4780,92	3,99
Segurança - EPI's	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,60	1,90	900,00	1,00	1706,40	1,42
Passaporte de Segurança	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,60	1,90	2281,96	1,00	4326,60	3,61
Despesas de representação	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,60	1,90	200,00	1,00	379,20	0,32
Informática	33	33	25	25	25	20	14,3	14,3	189,60	1,90	1080,13	1,00	2047,93	1,71
													119.790,74	100,00

Fig.4.4 – Cálculo do valor total de subempreitadas e outros – TACII [Euros]

Para as restantes frentes de trabalho, os cálculos são apresentados no [Anexo A3].

4.3.4. CUSTOS TOTAIS

Quadro 4.25 – Custos directos e indirectos totais em cada frente – [Euros]

Custos/Frente		TAC II	GAGC	GACC	GAR	GC	Totais
Custos directos	Mão-de-obra	291.391,48	97.330,10	31.933,32	145.695,84	159.666,56	726.017,30
	Equipamento	296.206,63	48.215,75	32.461,00	95.748,75	162.305,00	634.937,13
	Materiais	442.096,89	48.702,31	31.903,73	100.132,05	209.100,3	831.935,28
Custos indirectos	Mão-de-obra	400.009,01	81.282,50	35.665,85	83.987,72	191.325,06	792.270,14
	Equipamento	309.073,96	62.585,70	24.462,87	68.486,55	133.704,33	598.313,41
	Outros	119.790,74	28.762,35	10.615,44	30.304,33	58.414,44	247.887,30
Totais		1.858.568,71	366.878,71	167.042,21	524.355,24	914.515,69	3.831.360,56

Quadro 4.26 – Custos totais dos recursos em cada frente – [Euros]

Custos/Frente		TAC II	GAGC	GACC	GAR	GC	Totais	%
Custos totais	Mão-de-obra	691.400,49	178.612,60	67.599,17	229.683,56	350.991,62	1.518.287,44	39,63
	Equipamento	605.280,59	110.801,45	56.923,87	164.235,30	296.009,33	1.233.250,54	32,19
	Materiais	442.096,89	48.702,31	31.903,73	100.132,05	209.100,30	831.935,28	21,71
	Outros	119.790,74	28.762,35	10.615,44	30.304,33	58.414,44	247.887,30	6,47
Totais		1.858.568,71	366.878,71	167.042,21	524.355,24	914.515,69	3.831.360,56	100,00%

5

ANÁLISES E CONCLUSÕES

5.1. VIBRAÇÕES

O valor médio de K obtido ($K_{\text{méd}}=44$), é relativamente mais baixo ao que é aconselhado para granitos em Portugal. Tal pode dever-se à localização do sismógrafo sobre a estrutura do grupo 1 e não num ponto sobre o maciço rochoso, “amortizando” o valor da velocidade de propagação da onda. Assim, o valor de K não caracteriza apenas o maciço, mas o conjunto composto pelo maciço e pelo meio que a onda percorre até atingir o sismógrafo. Este facto não é problemático, pois o valor da velocidade está limitado a 10 mm/s precisamente no grupo 1 onde está colocado o sismógrafo.

5.2. RENDIMENTOS

5.2.1. PEGAS EM GALERIAS

Pretende-se **relacionar** os **rendimentos, furação e carga específicas** das pegas com as **secções** das galerias bem como **analisar** alguns dos **factores** mais influentes nos rendimentos.

Para um dado plano de fogo, entende-se por **furação específica**, o comprimento de furação necessária para desmontar 1 m³ de rocha (m/m³). Da mesma forma, **carga específica** é a quantidade de explosivo necessária para desmontar 1 m³ de rocha (Kg/m³).

No quadro seguinte são apresentados para cada galeria alguns parâmetros. Os rendimentos reais foram obtidos através de registos efectuados em obra e correspondem a troços de galerias com as seguintes características para cada um deles:

- Secção constante;
- Inclinação longitudinal constante;
- Ausência de bifurcações;

O explosivo utilizado foi a gelamonite 33 e o comprimento de furação é 4 metros.

Quadro 5.1 – Rendimento médio das pegas para diferentes galerias

Galeria	Área (m ²)	Rendimento real (m)	Rendimento real (%)	Furação específica (m/m ³)	Carga específica (Kg/m ³)
GC–Fase 1 (pK180-pK125)	93	3,67	92%	1,94	1,42
TAC II (pK100-pK200)	62	3,16	79%	2,43	1,91
GAR (pK100-pK200)	26	2,92	73%	2,94	2,11

Pela análise do quadro anterior não é possível afirmar que, mantendo o mesmo comprimento de furação o rendimento das pegas é directamente proporcional à área das galerias a escavar. Para se analisar essa relação, seria necessário manter inúmeros factores constantes, fazendo variar apenas a área de escavação o número de vezes estatisticamente necessário, cenário este impossível de realizar nesta empreitada.

Se entendermos que uma determinada frente de escavação qualquer é um conjunto de pontos elementares que formam uma superfície, facilmente se percebe que a **quantidade de furos e explosivos necessários ao desmonte para se obter um rendimento constante, é inversamente proporcional à área de escavação** em causa.

Assim, podemos dizer que **para garantirmos igual rendimento em galerias de áreas de escavação diferentes, é necessário que a furação e carga específicas sejam tanto maiores quanto menores as áreas de escavação.**

Durante a execução, são muitos os factores que contribuem para os rendimentos das pegas. Além daqueles já enunciados no ponto 3.1.2.3, descreve-se também outros a ter em conta:

- **Propriedades elásticas e estruturais do maciço:**
 - É de esperar que, usando o mesmo tipo de explosivo, em zonas de maciço mais alteradas e diaclasadas o rendimento das pegas seja mais baixo pois parte da energia gerada pela reacção explosiva perde-se pelos planos de diaclasamento;
 - No entanto, quando a direcção das diaclases é aproximadamente perpendicular ao sentido de escavação, e o espaçamento entre elas é pequeno, podem formar-se pequenos blocos na frente de escavação que “*descolam*” aquando a explosão, podendo-se obter rendimentos elevados ou mesmo “*superiores a 100%*”. Tal situação verificou-se na escavação da primeira fase da galeria em carga entre o pK 153 e o pK 133, onde se obteve nesta zona o valor 97,5% para o rendimento médio;
- **Paralelismo entre furos:**
 - O plano de fogo dimensionado deve ser materializado no terreno na forma mais fiel possível, principalmente no que diz respeito à distância entre furos, inclinação e paralelismo entre eles em toda a profundidade;

Controlando estes três parâmetros (distância, inclinação e paralelismo), o rendimento é maior, pois só assim garantimos as distâncias livres à frente do furo que rebenta;

- Além disso, o contorno de escavação sai certamente mais próximo do contorno teórico, diminuindo as sobreescavações ou a necessidade de acertos de escavação;
- O controlo destes três parâmetros só se consegue com um **operador muito experiente**. No entanto, actualmente a tecnologia disponibiliza-nos máquinas de perfuração equipadas com **dispositivos automáticos**. Estes dispositivos carecem de algumas melhorias, mas os actuais funcionam perfeitamente em galerias de secção constante e directrizes com poucas curvaturas ou curvaturas de raios elevados;
- **Sentido de escavação e inclinação longitudinal da galeria (ascendente ou descendente):**
 - O “*dimensionamento de um plano de fogo em galeria*” apresentado no ponto 3.1.2 não entra em linha de conta com o efeito do sentido de escavação das galerias e a inclinação das mesmas no rendimento das pegas;

Porém, facilmente se percebe que quando uma galeria se desenvolve em patamar (inclinação zero), durante a reacção explosiva, o escombros tem o seu peso, materializado numa força vertical cujo valor resulta da aplicação da densidade do maciço à aceleração da gravidade. Neste caso, o peso pode ser favorável ao desmonte no caso dos furos descendentes e do tecto, e desfavorável no caso dos furos ascendentes e da soleira;

No entanto, quando o sentido de escavação de uma **galeria é descendente** com uma determinada inclinação, existe uma componente do peso no sentido de escavação e paralela ao eixo da galeria que “*prende*” o **escombros**, dificultando o desmonte tanto mais, quanto maior for a inclinação, obtendo-se no limite uma galeria cuja frente de desmonte é o próprio chão (poço). Quando o **sentido de escavação** da galeria é **ascendente**, o efeito desta componente do peso é favorável, contribuído positivamente para o desmonte da rocha e consequentemente para o **aumento do rendimento** da pega;

Havendo assim tantos factores a ter em conta, é natural que os planos de fogo dimensionados na sua forma teórica tenham que ser adaptados à realidade para se obter os rendimentos pretendidos.

Se possível, essa adaptação deve ser contínua e dinâmica tendo em conta principalmente as propriedades elásticas e estruturais do maciço. A título de exemplo apresenta-se no anexo 2 dois planos de fogo para o TACII, sendo um deles o plano teórico e outro o plano adaptado às condições reais, verificando-se que relativamente ao primeiro, o plano de fogo real “*exige*” maior carga específica, o que significa maior consumo de explosivo.

5.2.2. OPERAÇÕES

Da análise de elementos recolhidos no decurso das escavações, pode-se concluir sobre os factores que mais influenciam os tempos de duração das operações num ciclo completo de trabalhos.

Enumeram-se e analisam-se alguns desses factores:

1. Rendimento da Pegas:

- O tempo necessário para a remoção é directamente proporcional ao rendimento da pega;

- Verifica-se que na maior parte dos casos, o tempo necessário para o escombramento é inversamente proporcional ao rendimento das pegas, visto que parte da energia libertada fragmenta a rocha sem a destacar, aumentando a quantidade de fragmentos soltos;

2. Grau de fracturação, alteração e diaclasamento do maciço:

- O valor do parâmetro RMR, determina o tipo de contenção primária, e consequentemente o tempo necessário para a sua aplicação;

3. Directriz e perfil longitudinal das galerias:

- O tempo de transporte do escombro da frente de escavação é tanto maior quanto maior a inclinação dos trainéis das galerias, pois caso o sentido da escavação seja descendente e a remoção feita com camiões, estes circulam carregados nas subidas;

4. Perfil transversal das galerias de acesso às frentes de escavação:

- Quando a largura destas galerias permitem o cruzamento dos camiões durante a remoção, o tempo desta operação é apenas condicionado pelo nº de camiões e rendimento da pá carregadora.
- A título de exemplo refira-se os tempos de remoção na GR: a GAR, através da qual os camiões acedem à frente de escavação da GR, tem cerca de 250 m de comprimento e a sua largura não permite o cruzamento de veículos, aumentando o tempo de remoção por viagem e por veículo do valor $t[s]=(500/v)$, sendo $v[m/s]$ a velocidade de circulação dos veículos.

5. Sentido de escavação:

- Quando a escavação é no sentido descendente, acumula-se grande quantidade de água na frente de desmonte proveniente do equipamento de perfuração e infiltrada no maciço que é recolhida através de bombas, pelo que as operações de furação e carregamento podem ser condicionadas no caso de avaria de um grupo de bombagem;

6. Qualificação da mão-de-obra directa

7. Existência de bifurcações:

As secções onde bifurcam outras galerias, devem ser alvo de uma análise a vários níveis:

- Nestas secções, visto que o vão de escavação é maior, de forma a controlar a descompressão do maciço, as contenções são mais exigentes, nomeadamente com comprimentos de pregagens e espessuras de BPRF superiores relativamente às secções correntes de escavação.
- Quando se cria um cruzamento, é necessário executar travessias aéreas ou enterradas para as diversas redes.
- Nestas zonas, como forma preventiva, normalmente opta-se por diminuir o comprimento de furação e consequentemente o avanço por pega.
- Nos primeiros metros de escavação da nova galeria, não existe espaço de manobra suficiente para se conseguir rentabilizar o equipamento. Por exemplo, enquanto o equipamento de furação não estiver em todo o seu comprimento “encaixado” na nova galeria, não é possível executar a furação desta simultaneamente com a remoção da que lhe deu origem e vice-versa.

8. Equipamentos e redes:

O correcto funcionamento do equipamento e redes é determinante no andamento normal dos trabalhos, pelo que a **manutenção** é muito importante para evitar paragens de trabalhos. Apresentam-se de seguida as avarias e anomalias detectadas em obra com mais frequência:

- **Jumbo** (quadro eléctrico muito afastado, braço com avaria mecânica, ignição, falta de óleo, cabo do martelo do braço rebentado, tubos de óleo com fugas, mangueira da água danificada, ligação da mangueira à máquina deficiente);
- **Pá Carregadora** (avaria mecânica, reparação do balde);
- **Giratória** (tubos de óleo com fugas, desgaste na ponteira do martelo, martelo avariado, substituição de vidros da cabine);
- **Camiões de remoção** (avaria no diferencial);
- **Ventilação** (ventilação insuficiente, substituição dos ventiladores, comprimento de manga insuficiente, colocação de troços de manga, manga danificada pelas projecções de pedras, manga caída e danificada pela passagem do equipamento);
- **Gerador** (potência insuficiente);
- **Quadro eléctrico** (avanço do quadro eléctrico);
- **Bombas submersíveis** (capacidade insuficiente, avaria eléctrica, falta de limpeza das pás, ligação à mangueira);
- **Central de injeção** (calda seca no circuito, fases eléctricas trocadas);
- **Bomba de Swellex** (deficiência nos “oringues”);
- **Central de betão** (circuito hidráulico congelado em alturas de baixas temperaturas ambientais);
- **Explosivos** (atraso no fornecimento, renovação da licença de utilização);
- **Manobradores** (adaptação dos novos manobradores em formação nas máquinas);
- **Diversos** (tiros falhados, quedas de blocos iminentes, mudanças de turno, furação para colocação de suportes para as redes, Entupimento de varas e bits devido ao aparecimento de “finos”, acertos na escavação).

Não pretendendo mensurar os tempos de paragens nem os seus efeitos no desenvolvimento normal dos trabalhos no reforço de potência de Picote, visto que existem anomalias cujos efeitos são inquantificáveis, pode porém referirem-se alguns valores recolhidos durante a escavação do TACII:

Quadro 5.2 – Valores de paragem de alguns equipamentos devidos a avarias – TACII

Equipamento	Tempo de paragem (horas)
Jumbo Axera T11	10
Pá Carregadora	30
Giratória	5
Ventilação	20
Gerador	10
Bomba submersível	25
Total	100

5.2.3. RAISE BORING

Apenas se pretende aqui registar os rendimentos médios verificados durante a escavação do PCV e da galeria inclinada do troço superior inclinado da GC.

Quadro 5.3 – Rendimentos de escavação através de raise boring

Características		PCV	GC – galeria inclinada
Furo piloto	ϕ [']	15	12
	Avanço [m/h]	1,11	2,30
Alargamento (<i>reamming</i>)	ϕ [m]	5,10	2,40
	Avanço [m/h]	0,25	(*)

(*) Verificaram-se diversas avarias provocadas por anomalias na corrente da máquina, pelo que o valor verificado não reflecte os rendimentos normais obtidos nestes trabalhos.

5.3. CUSTOS

5.3.1. ANÁLISE POR TIPO DE RECURSO

Da análise do quadro 4.26, conclui-se que seja qual for a galeria escavada, a **mão-de-obra** e o **equipamento** representam aproximadamente **70% dos custos totais**. Assim, a estratégia geral de escavação deve evitar sobretudo o subaproveitamento destes recursos.

Além disso, e na sequência do ponto 5.2.2 (equipamentos e redes), é extremamente importante a correcta **manutenção dos equipamentos**, de forma a prever e evitar avarias, pois além dos custos de reparação que por vezes são inflacionados devido à falta de manutenção, o equipamento avariado coloca em causa o correcto desenrolar das operações, acarretando avultados prejuízos directos e indirectamente em cada paragem dos trabalhos.

5.3.2. ANÁLISE DOS RECURSOS

A figura 5 representa para cada frente de trabalho e por tipo de recurso, os dois recursos com maior peso. Por exemplo: o primeiro valor que se lê “9,8%”, significa que os motoristas de pesados representam cerca de 9,8% do valor total da mão-de-obra indirecta no TAC II (400.009,01 €), pertencendo ao par de recursos que mais pesam no valor total deste tipo de recurso.

Da figura supracitada, pode-se concluir e aferir alguns valores médios que certos recursos representam:

- Os **motoristas de pesados** e a **equipa de geotecnia** representam cerca **13%** e **17%** do **valor total da mão de obra indirecta**, respectivamente;
- Os **camiões de escombros** representam cerca de **metade do valor total dos equipamentos indirectos** considerados;
- Os **contentores** e o **transporte de pessoal** têm um peso bastante significativo no valor total dos custos indirectos;
- Os **marteleiros** e os **encarregados**, tal como seria de esperar representam em conjunto cerca de **74%** do valor total da **mão-de-obra directa**, sendo cerca de **51%** deste valor absorvido pelo custo dos **marteleiros**;

- O **jumbo Axera** representa cerca de **90%** do valor total do **equipamento directo** nas frentes onde é utilizado, enquanto que o **jumbo Minimatic** representa apenas **30%** nas frentes onde está presente. A **pá mineira** representa cerca de **metade do valor total do equipamento directo** nas frentes onde é utilizada;
- O **BPRF** e os **explosivos** representam em conjunto cerca de **60%** do **valor total dos materiais** utilizados, com pesos médios muito semelhantes. No entanto, o peso relativo de cada um destes recursos varia em cada frente, pois como já vimos, as quantidades de explosivos e de BPRF necessários dependem de diversos factores, nomeadamente da classificação geomecânica do maciço, do rendimento das pegas e da dimensão da secção de escavação.

CUSTOS INDIRECTOS						CUSTOS DIRECTOS						TOTAIS
TAC II												
Mão-de-obra		Equipamentos e redes		Subempreitadas e outros		Mão-de-obra		Equipamento		Materiais		
Motoristas de pesados	Equipa geotecnia	Camiões de escombros	Gerador 500 KVA	Contentores	Transportes de pessoal	Marteleiros	Encarregado	Axera	Multifunções	BPRF	Explosivos	
9,80%	11,32%	37,27%	9,51%	20,49%	15,19%	54,17%	24,17%	89,95%	9,86%	31,80%	33,48%	
400.009,01 €		309.073,96 €		119.790,74 €		291.391,48 €		296.206,63 €		442.096,89 €		1.858.568,71 €
GAGC												
Mão-de-obra		Equipamentos e redes		Subempreitadas e outros		Mão-de-obra		Equipamento		Materiais		
Motoristas de pesados	Equipa geotecnia	Camiões de escombros	Gerador 500 KVA	Contentores	Transportes de pessoal	Marteleiros	Encarregado	Minimatic	Pá mineira	BPRF	Explosivos	
10,24%	13,80%	43,98%	5,84%	20,39%	15,12%	48,87%	21,82%	35,77%	45,63%	22,82%	31,53%	
81.282,50 €		62.585,70 €		28.762,35 €		97.330,10 €		48.215,75 €		48.702,31 €		366.878,71 €
GACC												
Mão-de-obra		Equipamentos e redes		Subempreitadas e outros		Mão-de-obra		Equipamento		Materiais		
Motoristas de pesados	Equipa geotecnia	Camiões de escombros	Robot	Contentores	Transportes de pessoal	Marteleiros	Encarregado	Axera	Multifunções	BPRF	Explosivos	
10,61%	14,30%	43,28%	10,02%	20,37%	15,10%	54,17%	24,17%	89,95%	9,86%	17,84%	34,80%	
35.665,85 €		24.462,87 €		10.615,44 €		31.933,32 €		32.461,00 €		31.903,73 €		167.042,21 €
GAR												
Mão-de-obra		Equipamentos e redes		Subempreitadas e outros		Mão-de-obra		Equipamento		Materiais		
Motoristas de pesados	Equipa geotecnia	Camiões de escombros	Robot	Contentores	Transportes de pessoal	Marteleiros	Encarregado	Minimatic	Pá mineira	BPRF	Explosivos	
10,81%	12,14%	43,29%	10,02%	20,38%	15,11%	44,52%	19,86%	24,57%	62,66%	28,70%	28,74%	
83.987,72 €		68.486,55 €		30.304,33 €		145.695,84 €		95.748,75 €		100.132,05 €		524.355,24 €
GC-TROÇO INFERIOR												
Mão-de-obra		Equipamentos e redes		Subempreitadas e outros		Mão-de-obra		Equipamento		Materiais		
Motoristas de pesados	Equipa geotecnia	Camiões de escombros	Robot	Contentores	Transportes de pessoal	Marteleiros	Encarregado	Axera	Multifunções	BPRF	Explosivos	
25,41%	31,82%	87,19%	20,18%	39,22%	29,08%	54,17%	24,17%	89,95%	9,86%	51,86%	21,60%	
191.325,06 €		133.704,33 €		58.414,44 €		159.666,56 €		162.305,00 €		209.100,30 €		914.515,69 €
VALORES MÉDIOS												
Motoristas de pesados	Equipa geotecnia	Camiões de escombros	---	Contentores	Transportes de pessoal	Marteleiros	Encarregado	Axera	Multifunções	BPRF	Explosivos	
13,37%	16,68%	51,00%	---	24,17%	17,92%	51,18%	22,84%	89,95%	9,86%	30,60%	30,03%	
								Minimatic	Pá Mineira			
								30,17	54,145			

Fig.5 – Par de recursos com maior peso em cada frente por tipo de recurso

BIBLIOGRAFIA

- [1] Maria Fernanda Rollo. *De Picote a Carrapatelo, ou como o Plano Marshall alterou a hierarquia do aproveitamento hidroeléctrico do Douro*. INGENIUM, Janeiro/Fevereiro de 2008, 94, Ingenium Edições, Lda., Lisboa.
- [2] Luís Braga da Cruz, Agostinho Álvares Ribeiro, João Archer de Carvalho, Carlos de Brito, Eduardo Guedes e Abílio Seca Teixeira. *Picote: 50 anos*. Info - Magazine de Informação da Ordem dos Engenheiros REGIÃO NORTE, Abril/Maio/Junho de 2007, 46, QuidNovi, Matosinhos.
- [3] Consórcio MSF/OPCA. *Cronograma de Equipamentos*. Reforço de Potência de Picote - memória descritiva do plano de trabalhos, Maio de 2007, Picote, 32, Miranda do Douro.
- [4] EDP – Gestão da Produção de Energia, S.A. *Plano de Observação das Obras Subterrâneas*. Reforço de Potência de Picote - processo de concurso, Julho de 2006, 13, Miranda do Douro.
- [5] José Pedro Gavinhos. *Apresentação do Reforço de Potência de Picote*. Reunião anual de quadros da empresa OPWAY, Engenharia, S.A., 2008, 18, Lisboa.
- [6] Lisoarte Gomes, Galiza Carneiro, António Vieira. *Escavações Subterrâneas I*. Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2007, 217, Porto.
- [7] Sandvik. *Axera-T11 S-315 Cabin – Technical Specification*. Sandvik Mining and Construction, 2006, 4, Sandvik, Tampere - Finlândia.
- [8] CÊGÊ. *Galeria de Acesso à Central – Método Construtivo e Definição de Contenção*. Reforço de Potência de Picote – documento GEO_003_A, Setembro de 2007, 9, Miranda do Douro.
- [9] Consórcio MSF/OPCA. *Mapas de Produção*. 2008, Miranda do Douro.
- [10] http://pt.wikipedia.org/wiki/Onda_s%C3%ADsmica. 19/10/2008.
- [11] Machado Gomes, Suarez del Rio. *Caracterização das propriedades físicas e de sais solúveis dos granitos usados na construção da Sé Catedral de Vila Real*. IV Seminário Recursos Geológicos, Ambiente e Ordenamento do Território, 27 a 29 de Outubro de 2005, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 46, Vila Real.
- [12] SPEL – Sociedade Portuguesa de Explosivos. S.A. *Catálogo*.
- [13] Decreto-Lei nº 162/90 de 22 de Maio. *Diário da República – I série Nº117*. Lisboa, 1990.
- [14] Atlas Copco Secoroc AB. *Drifting and tunnelling*. Product Catalogue Tophammer equipment, 2008, 126, Fagersta - Suécia.
- [15] EDP – Gestão da Produção de Energia, S.A. *Caderno de Encargos – Condições Técnicas*. Reforço de Potência de Picote - processo de concurso, Julho de 2006, 283.
- [16] Lisoarte Gomes, Carlos Galiza, António Vieira. *Desmonte com Explosivos II*. Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2005.
- [17] Ricardo Oliveira. *Planeamento e Organização de Trabalhos em Escavações Subterrâneas*. Relatório final de licenciatura em Engenharia Geotécnica. Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2008, 83, Porto.
- [18] Consórcio MSF/OPCA. *Mapa Geral de Vibrações*. 2008.
- [19] Consórcio Somague/MSF/Mota & C.ª. *Escavação e Sustimento no Empreendimento Venda Nova II*. Relatório final da empreitada, 2004, 97.

- [20] Atlas Copco Rock Drills AB. *Swellex Manganese Line*. Atlas Copco Rock Reinforcement, 2002, 126, Örebro - Suécia.
- [21] EDP – Gestão da Produção de Energia, S.A. *Projecto de Execução*. Porto, 2007.
- [22] CÊGÊ. *Galeria de Ataque à Abóbada da Central*. Reforço de Potência de Picote – documento GEO_003_E, Janeiro de 2008, 6.
- [23] Atlas Copco Face Drilling Rigs. *Rocket Boomer® E2^{C18} Technical specification*. Catalogue, 2007, 4, Suécia.
- [24] Atlas Copco Underground Loaders. *Scooptram® ST1030 Technical specification*. Catalogue, 2006, 4, Suécia.
- [25] CÊGÊ. *Tomada de Água e Galeria em Carga – Método Construtivo e Definição de CONTENÇÃO*. Reforço de Potência de Picote – documento GEO_003_D, Fevereiro de 2008, 16.
- [26] Atlas Copco Construction Tools AB. *Perfuradores pneumáticos de rocha*. Catálogo, 2005, 4, Stockholm - Suécia.
- [27] Consórcio MSF/OPCA. *Escavação e CONTENÇÃO do Troço Superior e Inclinado da Galeria em Carga*. 23 de Outubro de 2008, 9.
- [28] Consórcio MSF/OPCA. *Escavação e CONTENÇÃO da Abóbada da Central*. 14 de Fevereiro de 2008, 22.

A1

DESENHOS

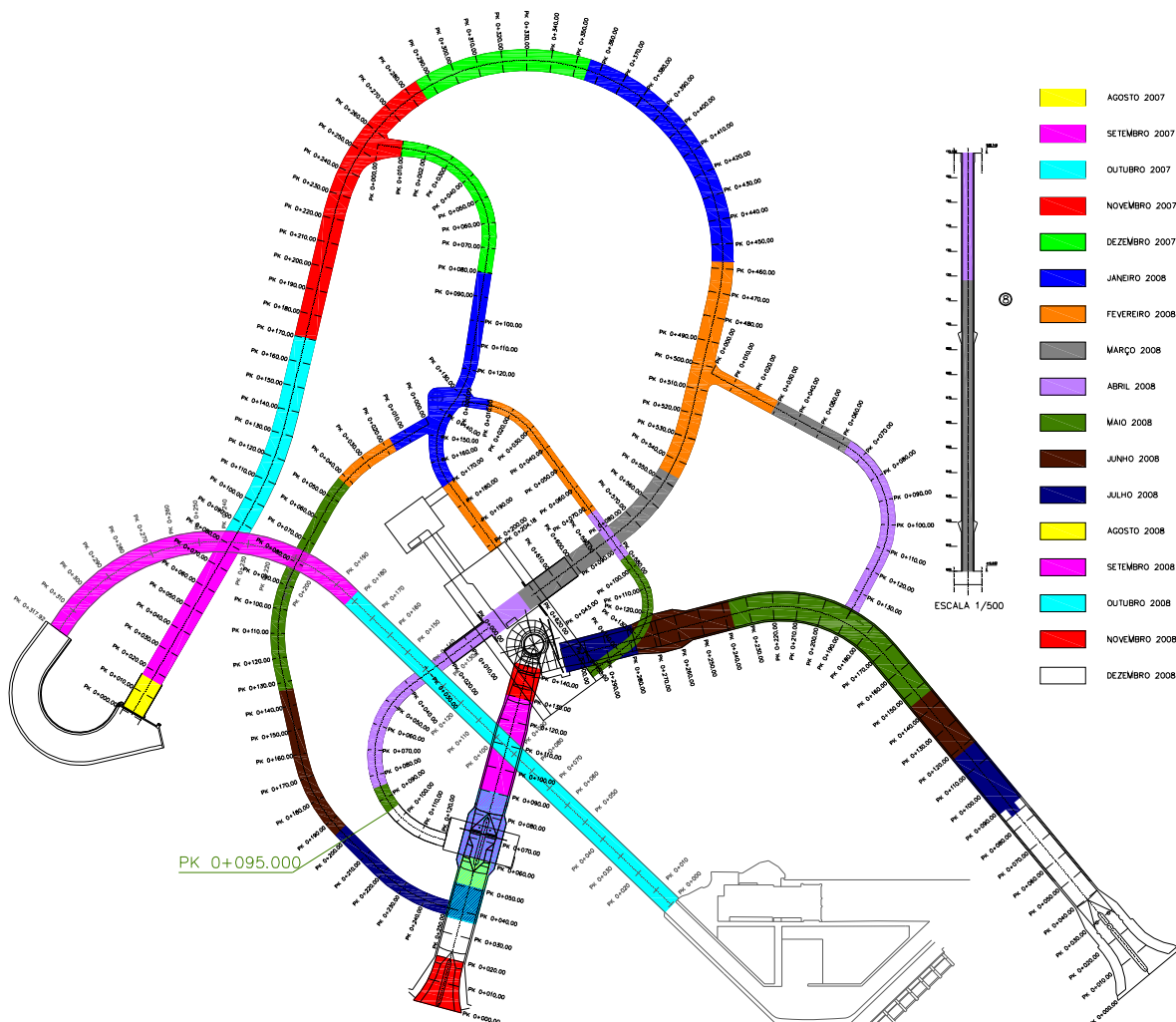


Fig.A1.1 – DESENHO PREP-019

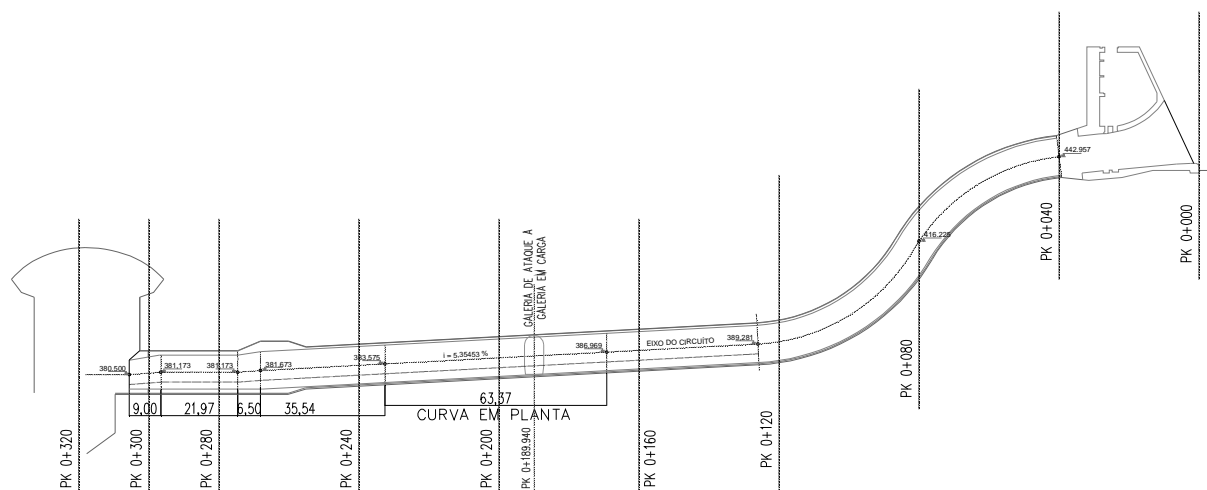


Fig.A1.2 – DESENHO PREP-74

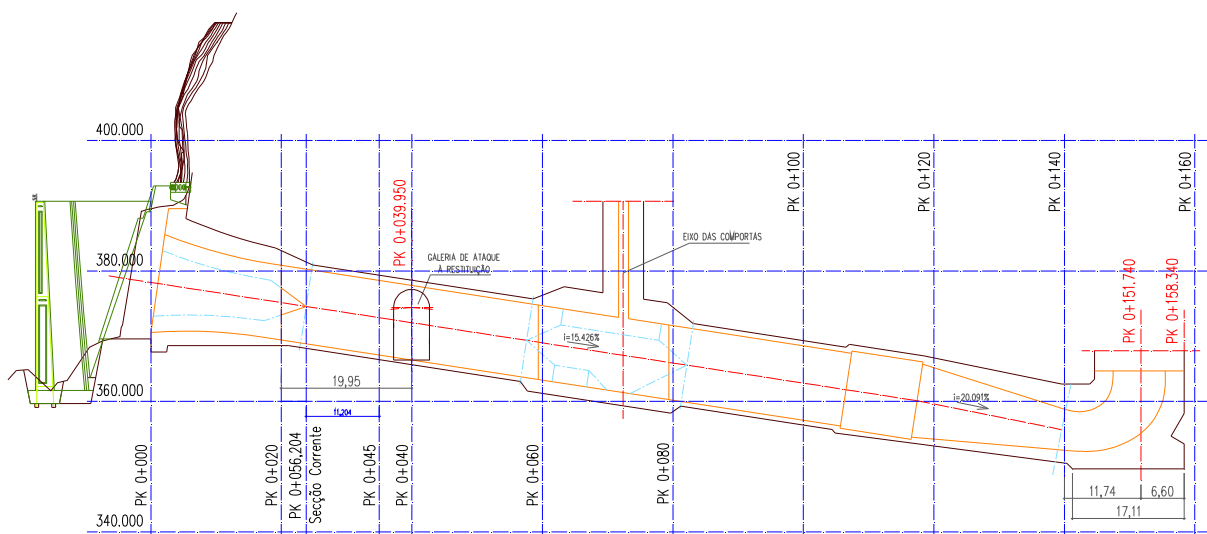


Fig.A1.3 – DESENHO PREP-83

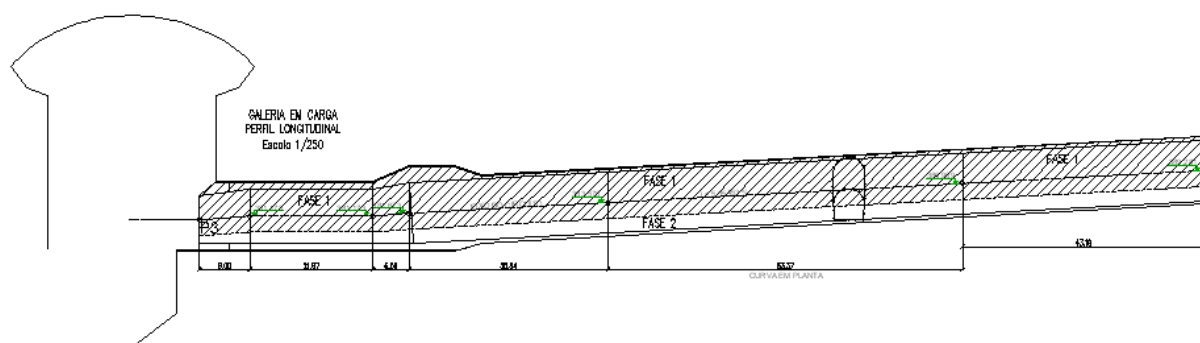


Fig.A1.4 – DESENHO PREP-065

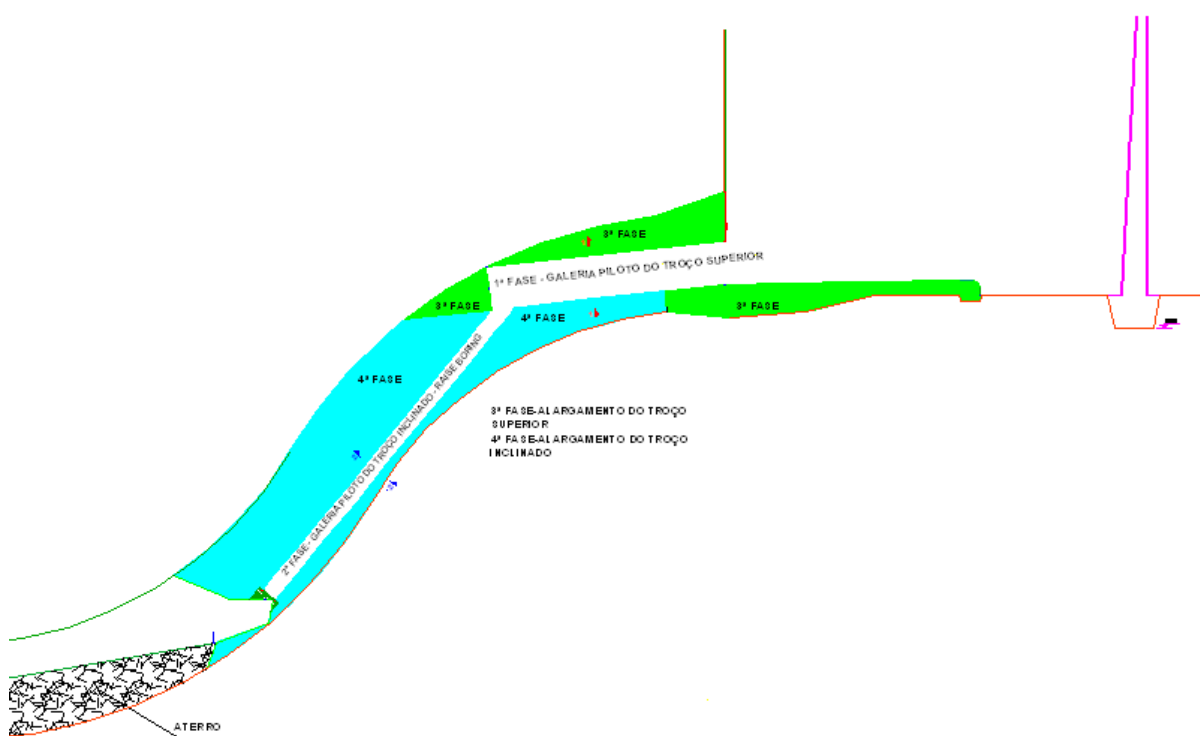


Fig.A1.5 – DESENHO PREP-101

A2

PLANOS DE FOGO

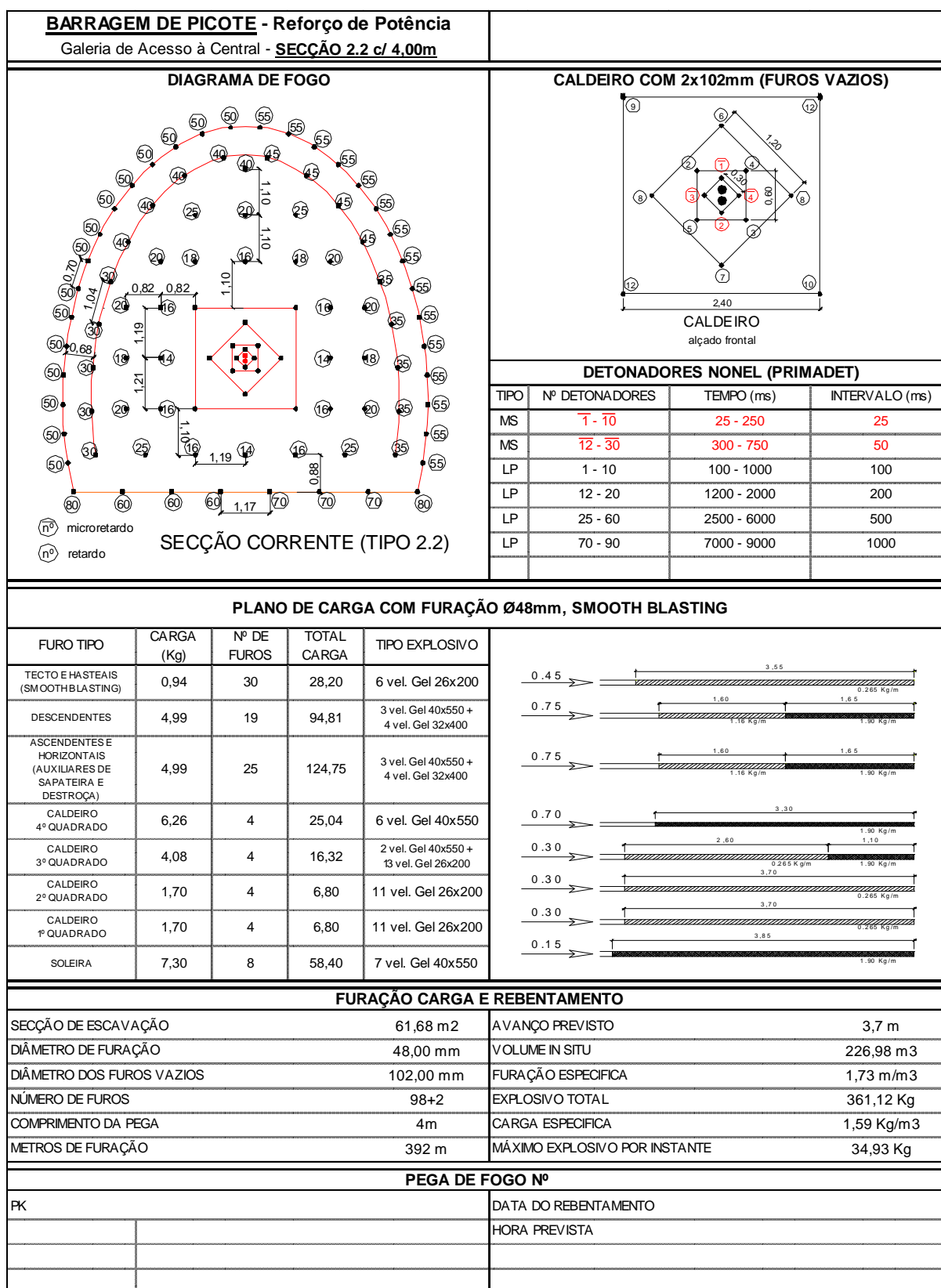


Fig.A2.1 – Plano de fogo teórico do túnel de acesso à central II

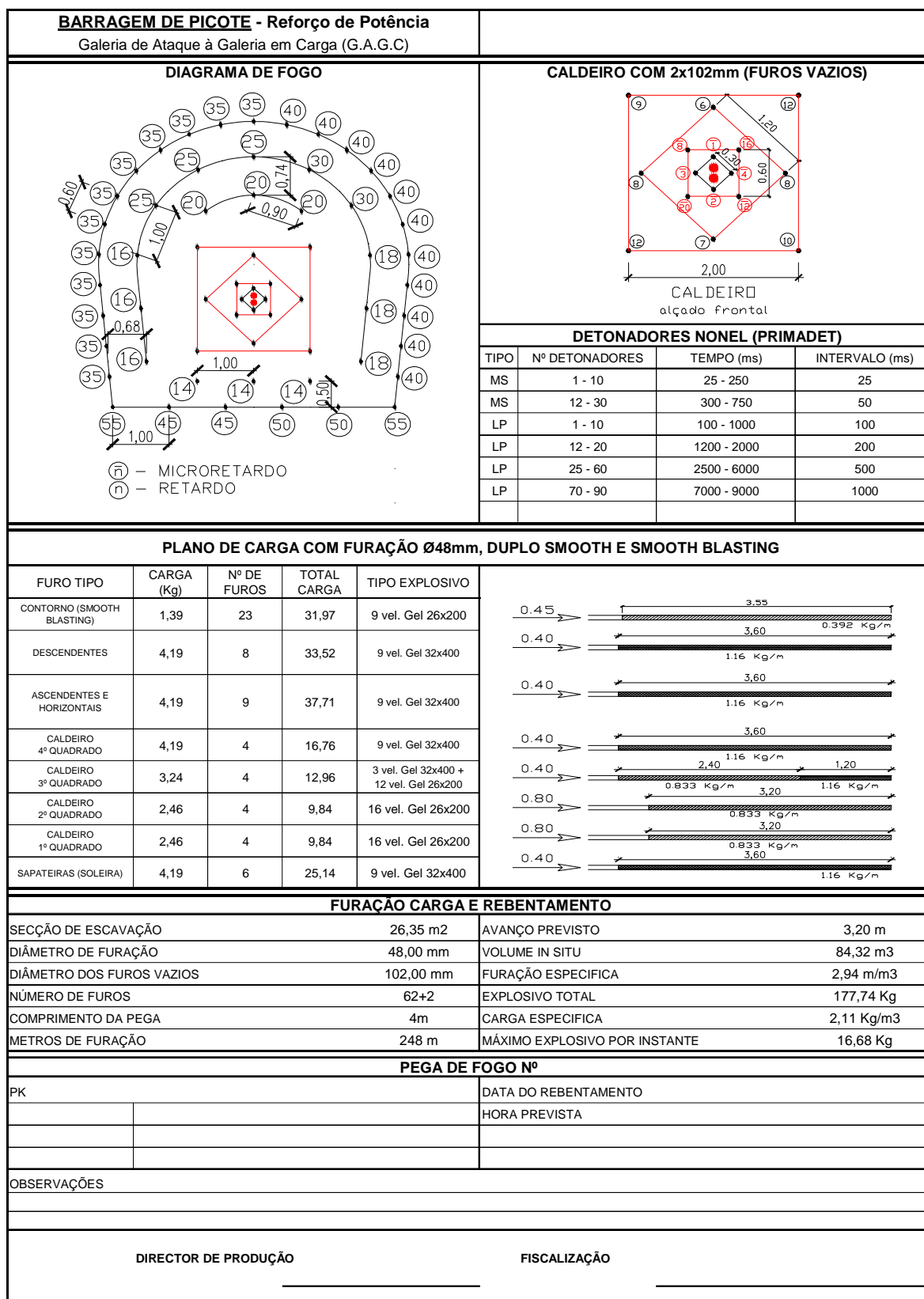


Fig.A2.2 – Plano de fogo da GAGC para as secções correntes

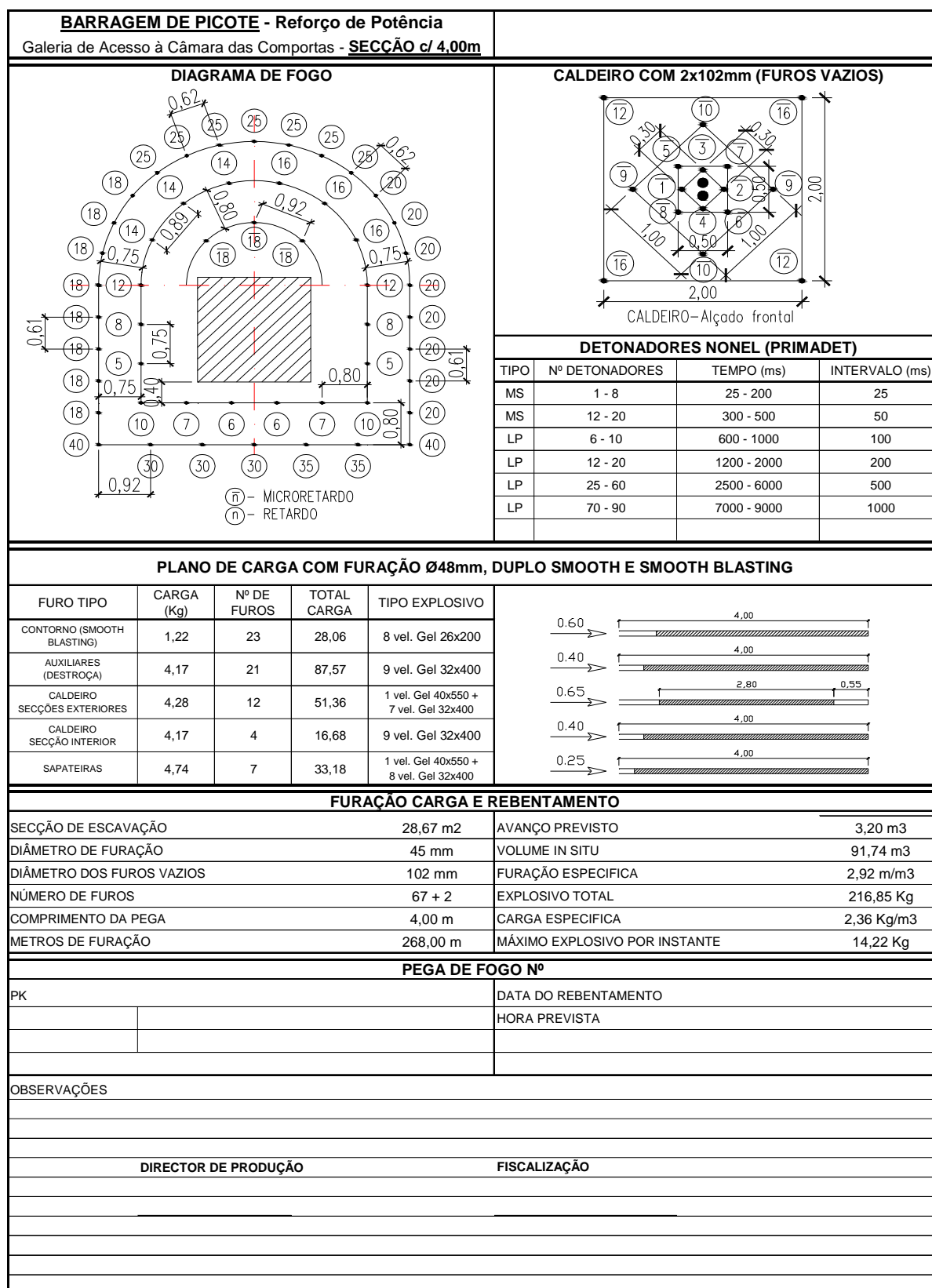


Fig.A2.3 – Plano de fogo da galeria de acesso à câmara das comportas para as secções correntes

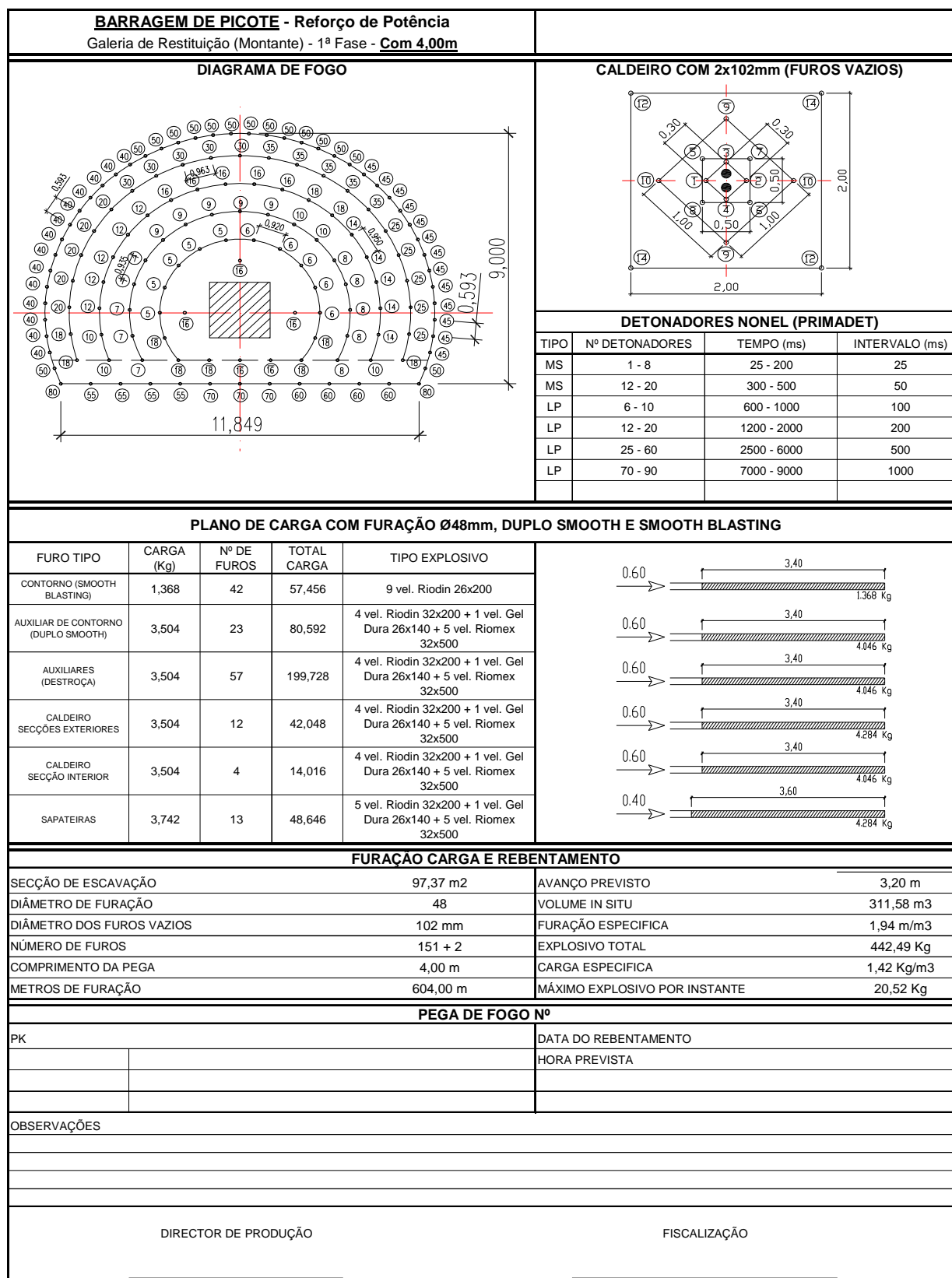


Fig.A2.4 – Plano de fogo da GR para as secções correntes

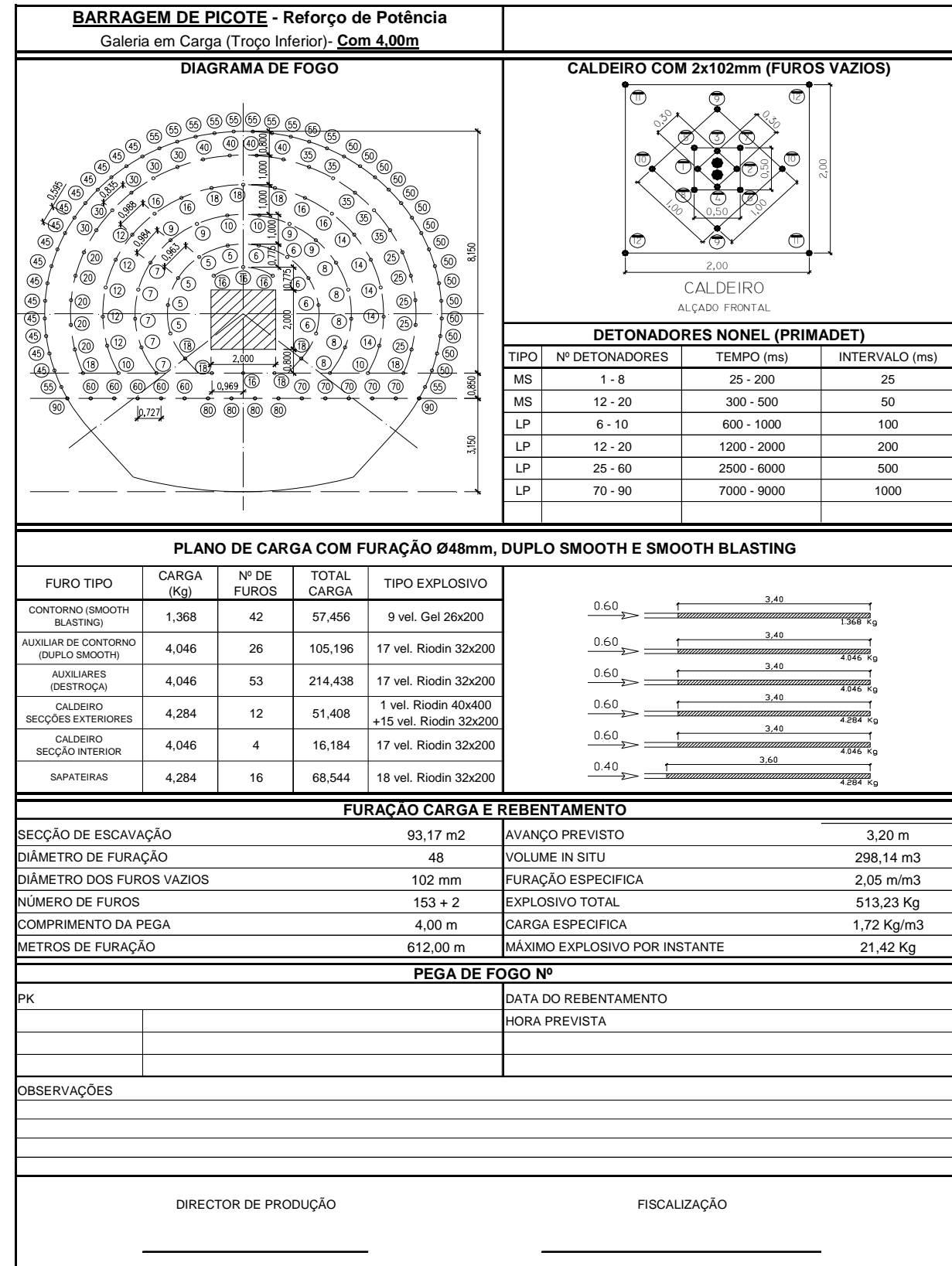


Fig.A2.5 – Plano de fogo da GC para as secções correntes

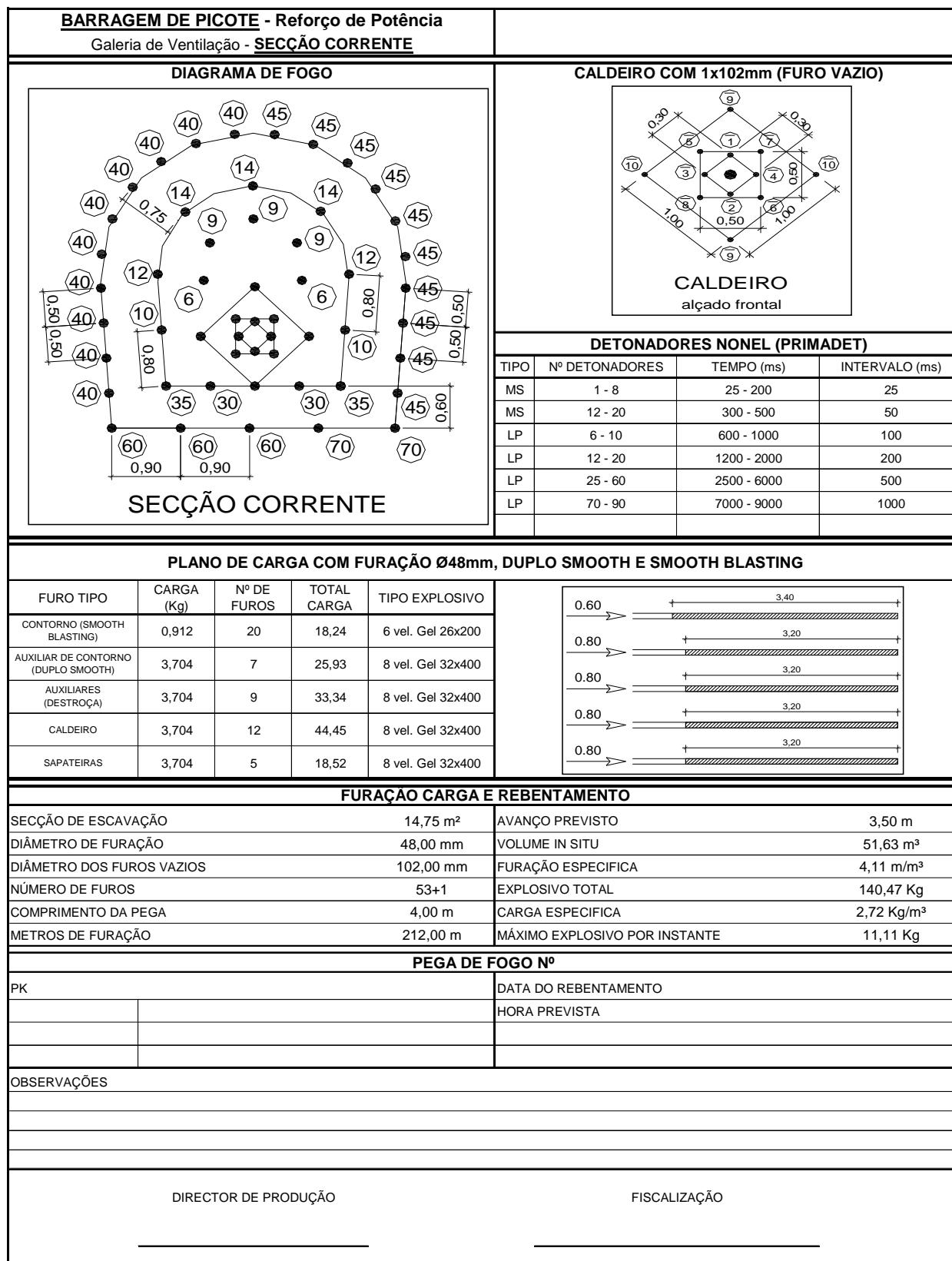


Fig.A2.6 – Plano de fogo da galeria de ventilação

BARRAGEM DE PICOTE - Reforço de Potência																																
Galeria piloto do troço superior da Galeria em Carga -(L=2,0m)																																
DIAGRAMA DE FOGO			CALDEIRO COM 1x102mm (FURO VAZIO)																													
SECÇÃO CORRENTE			DETONADORES NONEL (PRIMADET)																													
			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>TIPO</th> <th>Nº DETONADORES</th> <th>TEMPO (ms)</th> <th>INTERVALO (ms)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MS</td> <td>1 - 8</td> <td>25 - 200</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>MS</td> <td>12 - 20</td> <td>300 - 500</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>LP</td> <td>6 - 10</td> <td>600 - 1000</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>LP</td> <td>12 - 20</td> <td>1200 - 2000</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>LP</td> <td>25 - 60</td> <td>2500 - 6000</td> <td>500</td> </tr> <tr> <td>LP</td> <td>70 - 90</td> <td>7000 - 9000</td> <td>1000</td> </tr> </tbody> </table>		TIPO	Nº DETONADORES	TEMPO (ms)	INTERVALO (ms)	MS	1 - 8	25 - 200	25	MS	12 - 20	300 - 500	50	LP	6 - 10	600 - 1000	100	LP	12 - 20	1200 - 2000	200	LP	25 - 60	2500 - 6000	500	LP	70 - 90	7000 - 9000	1000
TIPO	Nº DETONADORES	TEMPO (ms)	INTERVALO (ms)																													
MS	1 - 8	25 - 200	25																													
MS	12 - 20	300 - 500	50																													
LP	6 - 10	600 - 1000	100																													
LP	12 - 20	1200 - 2000	200																													
LP	25 - 60	2500 - 6000	500																													
LP	70 - 90	7000 - 9000	1000																													
PLANO DE CARGA COM FURAÇÃO Ø48mm, DUPLO SMOOTH E SMOOTH BLASTING																																
FURO TIPO	CARGA (Kg)	Nº DE FUROS	TOTAL CARGA	TIPO EXPLOSIVO																												
CONTORNO (SMOOTH BLASTING)	0,760	28	21,28	5 vel. Riodin 26x200																												
AUXILIAR DE CONTORNO (DUPLO SMOOTH)	2,380	12	28,56	10 vel. Riodin 32x200																												
AUXILIARES (DESTROÇA)	2,380	12	28,56	10 vel. Riodin 32x200																												
CALDEIRO	2,380	12	28,56	10 vel. Riodin 32x200																												
AUX. SAPATEIRAS	2,380	6	14,28	10 vel. Riodin 32x200																												
SAPATEIRAS	2,380	6	14,28	10 vel. Riodin 32x200																												

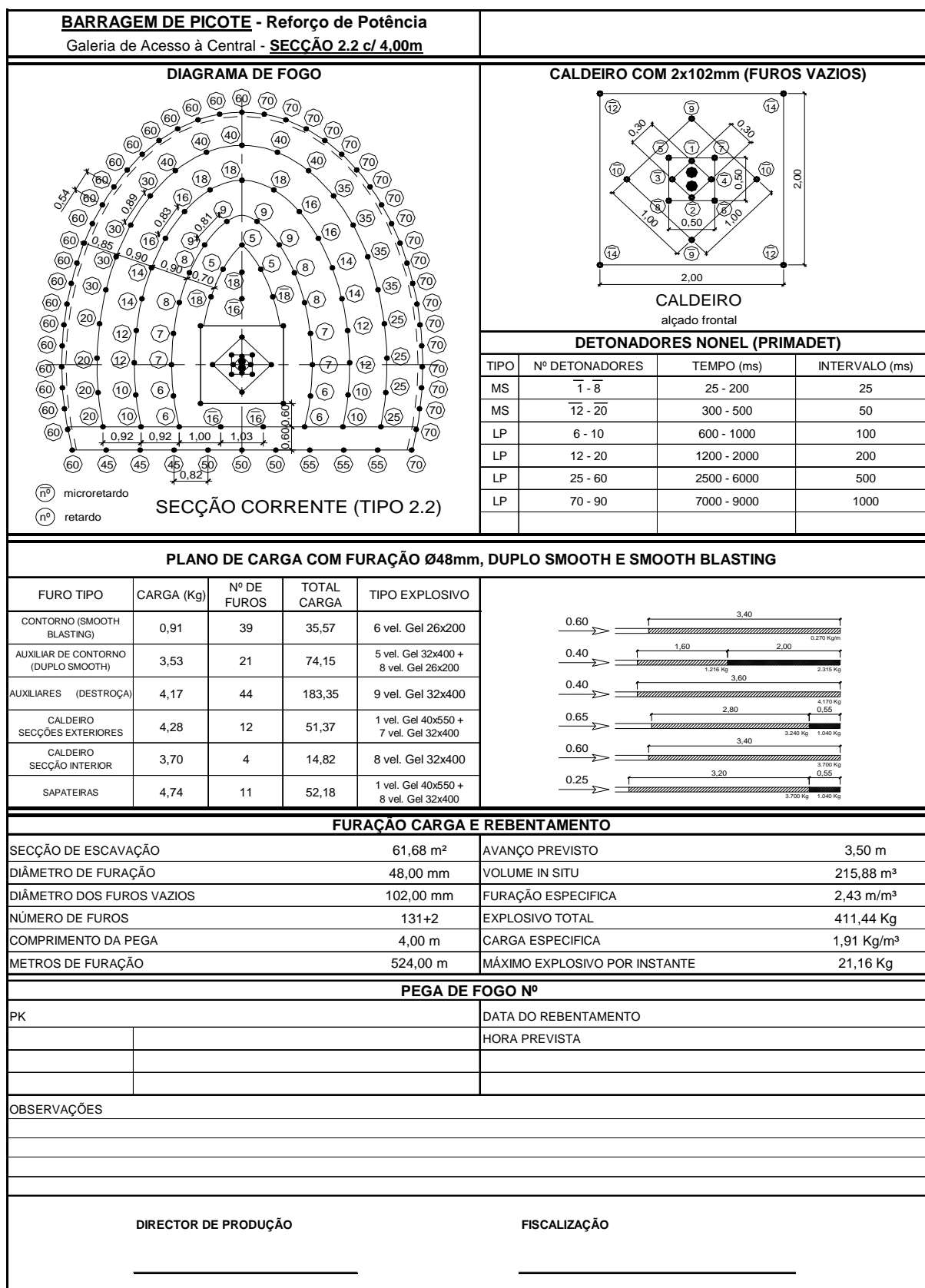


Fig.A2.8 – Plano de fogo real do túnel de acesso à central II

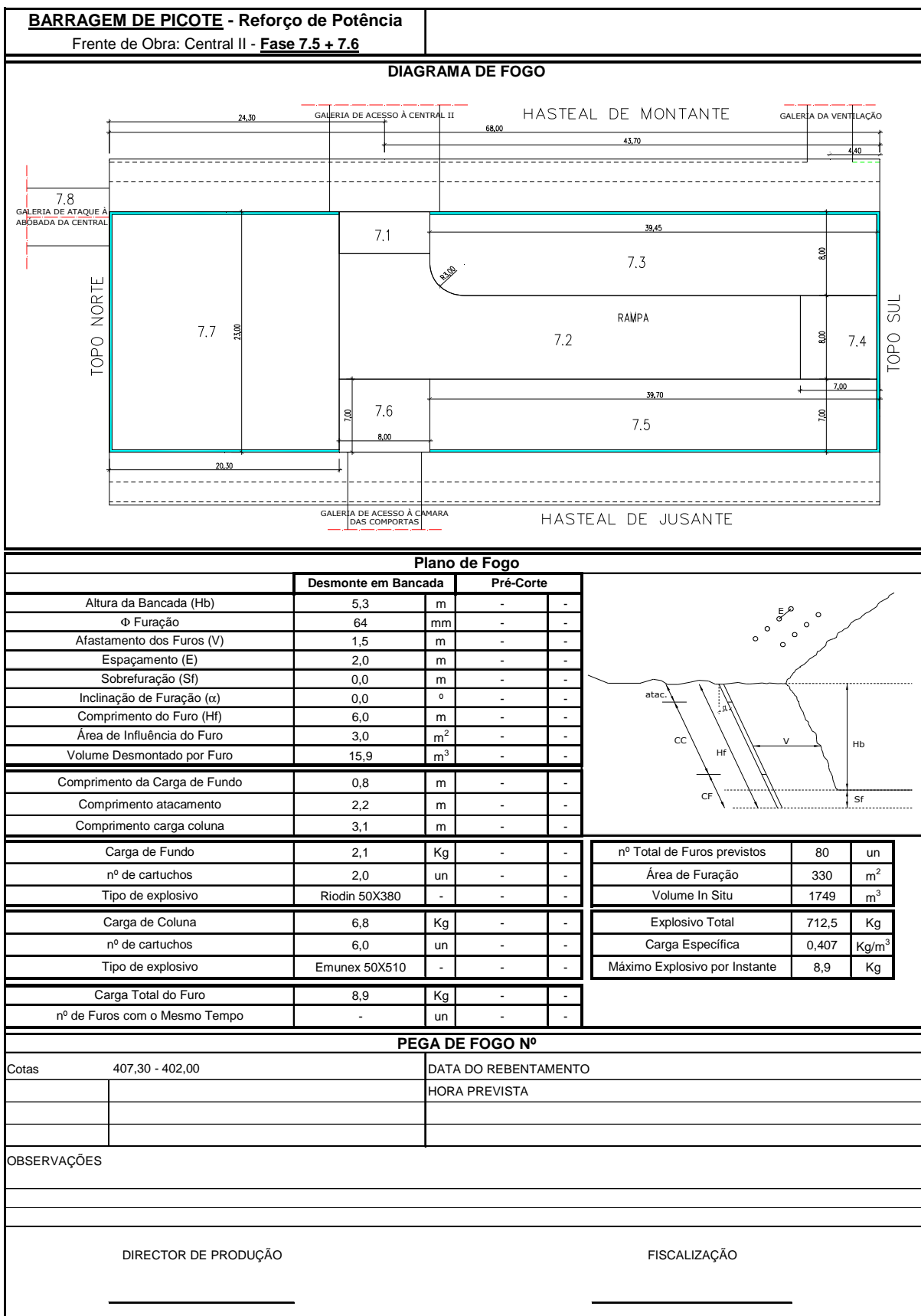


Fig.A2.9 – Plano de fogo real de desmonte em bancada da abóbada da Central II (cotas 407,30-402,00)

A3

**TABELAS DE CÁLCULO DE CUSTOS
INDIRECTOS**

1. GAGC

	Fev-08	Mar-08	Abr-08	TOTAL	TOTAL/100	CUSTO/MÊS	UN	CUSTO TOTAL	%
Mart.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	2.162,16	0,00	0,00	0,00
Elect.	7,2	14,3	16,7	38,2	0,38	2.162,16	5,00	4124,32	5,07
Serra.	7,2	14,3	16,7	38,2	0,38	2.162,16	3,00	2474,59	3,04
Mec.	7,2	14,3	16,7	38,2	0,38	2.162,16	4,00	3299,46	4,06
Lubri.	7,2	14,3	16,7	38,2	0,38	1.700,00	1,00	648,55	0,80
Serv.	7,2	14,3	16,7	38,2	0,38	1.100,00	2,00	839,30	1,03
Man robot	10,0	20,0	25,0	55,0	0,55	2.162,16	2,00	2378,38	2,93
Man pá carreg	10,0	20,0	25,0	55,0	0,55	2.162,16	2,00	2378,38	2,93
Plantão	7,2	14,3	16,7	38,2	0,38	1.100,00	1,00	419,65	0,52
Motor.pes	10,0	20,0	25,0	55,0	0,55	2.162,16	7,00	8324,32	10,24
Enc.escav	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	4.823,20	0,00	0,00	0,00
Arvorado	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	3.218,05	0,00	0,00	0,00
Enc. Mec.	7,2	14,3	16,7	38,2	0,38	3.012,03	1,00	1149,09	1,41
Enc. Elec.	7,2	14,3	16,7	38,2	0,38	3.012,03	1,00	1149,09	1,41
Eng. Adj.	12,5	25,0	25,0	62,5	0,63	5.000,00	1,00	3125,00	3,84
Eng.Prod	12,5	25,0	25,0	62,5	0,63	7.864,45	1,00	4915,28	6,05
Dir.técñ	7,2	14,3	16,7	38,2	0,38	16.279,38	1,00	6210,58	7,64
Eng.Ár.Técñ	7,2	14,3	16,7	38,2	0,38	7.864,45	1,00	3000,29	3,69
Eng.Qual.Amb	7,2	14,3	16,7	38,2	0,38	3.200,00	1,00	1220,80	1,50
Eng.Gest.Seg	7,2	14,3	16,7	38,2	0,38	3.200,00	1,00	1220,80	1,50
Eng.Electr	7,2	14,3	16,7	38,2	0,38	5.389,20	1,00	2055,98	2,53
Técñ.seg	7,2	14,3	16,7	38,2	0,38	2.432,90	3,00	2784,45	3,43
Apont. Seg	7,2	14,3	16,7	38,2	0,38	1.100,00	1,00	419,65	0,52
Top.	12,5	25,0	25,0	62,5	0,63	6.100,00	1,00	3812,50	4,69
Porta	12,5	25,0	25,0	62,5	0,63	1.100,00	1,00	687,50	0,85
Prep.	12,5	25,0	25,0	62,5	0,63	3.069,43	1,00	1918,39	2,36
Med.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	3.069,43	0,00	0,00	0,00
Ch.adm	7,2	14,3	16,7	38,2	0,38	4.045,23	1,00	1543,26	1,90
Técñ.Adm	7,2	14,3	16,7	38,2	0,38	1.797,40	2,00	1371,42	1,69
Ap. Ponto	7,2	14,3	16,7	38,2	0,38	1.100,00	1,00	419,65	0,52
Fiel	7,2	14,3	16,7	38,2	0,38	1.100,00	1,00	419,65	0,52
Motor.Arm	7,2	14,3	16,7	38,2	0,38	1.310,00	1,00	499,77	0,61
Ferrame.	7,2	14,3	16,7	38,2	0,38	1.100,00	1,00	419,65	0,52
Secretária	7,2	14,3	16,7	38,2	0,38	1.300,00	1,00	495,95	0,61
Eq.geotec	10,0	20,0	25,0	55,0	0,55	20.400,00	1,00	11220,00	13,80
Lab.	7,2	14,3	20,0	41,5	0,41	9.780,00	1,00	4053,81	4,99
Serv. Lab.	7,2	14,3	20,0	41,5	0,41	1.100,00	2,00	911,90	1,12
Assist. médica	7,2	14,3	16,7	38,2	0,38	1.100,00	1,00	419,65	0,52
Guarda	7,2	14,3	16,7	38,2	0,38	2.493,99	1,00	951,46	1,17
								81.282,50	100,00

Fig.A3.1 – Cálculo do valor total da mão-de-obra – GAGC (Euros)

	Fev-08	Mar-08	Abr-08	TOTAL	TOTAL/100	CUSTO/MÊS	UN	CUSTO TOTAL	%
Jumbo Axera 3 braços	0	0	0	0,00	0,00	36500,00	0,00	0,00	0,00
Jumbo E2C 2 braços+cesto	0	0	0	0,00	0,00	26000,00	0,00	0,00	0,00
Jumbo Minimatic 2 braços	0	0	0	0,00	0,00	7840,00	0,00	0,00	0,00
Multifunções rotativo	0	0	0	0,00	0,00	4000,00	0,00	0,00	0,00
Robot de projecção	20	20	25	65,00	0,65	9800,00	1,00	6370,00	10,18
Central de injeção Unigrout	20	20	25	65,00	0,65	1108,70	2,00	1441,31	2,30
Bomba de swellex	0	0	0	0,00	0,00	76,25	0,00	0,00	0,00
Camião caixa basculante	20	20	25	65,00	0,65	6050,00	7,00	27527,50	43,98
Pá carregadora pneus	20	20	25	65,00	0,65	4235,00	1,00	2752,75	4,40
Pá mineira pneus	0	0	0	0,00	0,00	10000,00	2,00	0,00	0,00
Viatura ligeira de apoio	14	14	25	53,60	0,54	6000,00	1,00	3216,00	5,14
Escavadora hidráulica 32ton	14	14	25	53,60	0,54	6000,00	1,00	3216,00	5,14
Camião grua	14	14	16,7	45,30	0,45	6776,00	1,00	3069,53	4,90
Tractor + Jopper	14	14	16,7	45,30	0,45	1320,00	1,00	597,96	0,96
Gerador 500 KVA	20	20	25	65,00	0,65	5620,00	1,00	3653,00	5,84
Compressor móvel 12 m ³	20	20	25	65,00	0,65	998,79	1,00	649,21	1,04
Compressor fixo	0	0	0	0,00	0,00	2702,88	0,00	0,00	0,00
Rede Eléctrica-BT-galerias	20	20	16,7	56,70	0,57	555,56	1,00	315,00	0,50
P.T's (1000Kva + 400Kva)	0	0	0	0,00	0,00	2047,17	0,00	0,00	0,00
Bombas submersíveis	17	17	16,7	50,10	0,50	6102,47	1,00	3057,34	4,89
Rede esgotos - galerias	17	17	16,7	50,10	0,50	456,95	1,00	228,93	0,37
Rede água industrial*	17	17	16,7	50,10	0,50	456,95	1,00	228,93	0,37
Carro de abastecimento	14	14	16,7	45,30	0,45	1500,00	1,00	679,50	1,09
Manga de ventilação	17	17	25	58,40	0,58	934,08	1,00	545,50	0,87
Equipamento de ventilação	17	17	25	58,40	0,58	5139,06	1,00	3001,21	4,80
Filtro prensa	0	17	17	33,40	0,33	1544,44	0,00	0,00	0,00
LOGAC	20	20	25	65,00	0,65	2086,96	1,00	1356,52	2,17
Martelo de Coluna	0	0	0	0,00	0,00	1000,00	0,00	0,00	0,00
Pórtico+guincho do PCV	0	0	0	0,00	0,00	10698,33	0,00	0,00	0,00
Diversos	14	14	16,7	45,30	0,45	1500,00	1,00	679,50	1,09
								62.585,70	100,00

Fig.A3.2 – Cálculo do valor total do equipamento e redes – GAGC (Euros)

	Fev-08	Mar-08	Abr-08	TOTAL	TOTAL/100	CUSTO/MÊS	UN	CUSTO TOTAL	%
Medição de vibrações	20	20	25	65,00	0,65	1408,26	1,00	915,37	3,18
Raise Boring PCV DN5,10m	0	0	0	0,00	0,00	708496,22	0,00	0,00	0,00
Comunicação Rádio	14,3	14,3	16,7	45,30	0,45	1646,81	1,00	746,00	2,59
Contentores	14,3	14,3	16,7	45,30	0,45	12946,37	1,00	5864,71	20,39
Dormidas	14,3	14,3	16,7	45,30	0,45	2500,00	1,00	1132,50	3,94
Contentor de frente	25	25	25	75,00	0,75	94,73	1,00	71,05	0,25
Manutenção de caminhos	14,3	14,3	16,7	45,30	0,45	1000,00	1,00	453,00	1,57
Transportes	14,3	14,3	16,7	45,30	0,45	4166,67	1,00	1887,50	6,56
Transportes de pessoal	14,3	14,3	16,7	45,30	0,45	9600,00	1,00	4348,80	15,12
Água	14,3	14,3	16,7	45,30	0,45	350,00	1,00	158,55	0,55
Electricidade - EDP	14,3	14,3	16,7	45,30	0,45	4000,00	1,00	1812,00	6,30
Telefone	14,3	14,3	16,7	45,30	0,45	1100,00	1,00	498,30	1,73
Ensaio diversos	14,3	14,3	16,7	45,30	0,45	5745,54	1,00	2602,73	9,05
Estudos e projectos	14,3	14,3	16,7	45,30	0,45	7168,80	1,00	3247,47	11,29
Ambiente	14,3	14,3	16,7	45,30	0,45	3857,66	1,00	1747,52	6,08
Gastos Expediente	14,3	14,3	16,7	45,30	0,45	250,00	1,00	113,25	0,39
Mobiliário de escritório	14,3	14,3	16,7	45,30	0,45	2521,58	1,00	1142,28	3,97
Segurança – EPI's	14,3	14,3	16,7	45,30	0,45	900,00	1,00	407,70	1,42
Passaporte de Segurança	14,3	14,3	16,7	45,30	0,45	2281,96	1,00	1033,73	3,59
Despesas de representação	14,3	14,3	16,7	45,30	0,45	200,00	1,00	90,60	0,31
Informática	14,3	14,3	16,7	45,30	0,45	1080,13	1,00	489,30	1,70
								28.762,35	100,00

Fig.A3.3 – Cálculo do valor total de subempreitadas e outros – GAGC (Euros)

2. GACC

	Abr-08	TOTAL	TOTAL/100	CUSTO/MÊS	UN	CUSTO TOTAL	%
Mart.	0,0	0,0	0,00	2.162,16	0,00	0,00	0,00
Elect.	16,7	16,7	0,17	2.162,16	5,00	1805,40	5,06
Serra.	16,7	16,7	0,17	2.162,16	3,00	1083,24	3,04
Mec.	16,7	16,7	0,17	2.162,16	4,00	1444,32	4,05
Lubri.	16,7	16,7	0,17	1.700,00	1,00	283,90	0,80
Serv.	16,7	16,7	0,17	1.100,00	2,00	367,40	1,03
Man robot	25,0	25,0	0,25	2.162,16	2,00	1081,08	3,03
Man pá carreg	25,0	25,0	0,25	2.162,16	2,00	1081,08	3,03
Plantão	16,7	16,7	0,17	1.100,00	1,00	183,70	0,52
Motor.pes	25,0	25,0	0,25	2.162,16	7,00	3783,78	10,61
Enc.escav	0,0	0,0	0,00	4.823,20	0,00	0,00	0,00
Arvorado	0,0	0,0	0,00	3.218,05	0,00	0,00	0,00
Enc. Mec.	16,7	16,7	0,17	3.012,03	1,00	503,01	1,41
Enc. Elec.	16,7	16,7	0,17	3.012,03	1,00	503,01	1,41
Eng. Adj.	25,0	25,0	0,25	5.000,00	1,00	1250,00	3,50
Eng.Prod	25,0	25,0	0,25	7.864,45	1,00	1966,11	5,51
Dir.técñ	16,7	16,7	0,17	16.279,38	1,00	2718,66	7,62
Eng.Ar.Técñ	16,7	16,7	0,17	7.864,45	1,00	1313,36	3,68
Eng.Qual.Amb	16,7	16,7	0,17	3.200,00	1,00	534,40	1,50
Eng.Gest.Seg	16,7	16,7	0,17	3.200,00	1,00	534,40	1,50
Eng.Electr	16,7	16,7	0,17	5.389,20	1,00	900,00	2,52
Técñ.seg	16,7	16,7	0,17	2.432,90	3,00	1218,88	3,42
Apont. Seg	16,7	16,7	0,17	1.100,00	1,00	183,70	0,52
Top.	25,0	25,0	0,25	6.100,00	1,00	1525,00	4,28
Porta	25,0	25,0	0,25	1.100,00	1,00	275,00	0,77
Prep.	25,0	25,0	0,25	3.069,43	1,00	767,36	2,15
Med.	0,0	0,0	0,00	3.069,43	0,00	0,00	0,00
Ch.adm	16,7	16,7	0,17	4.045,23	1,00	675,55	1,89
Técñ.Adm	16,7	16,7	0,17	1.797,40	2,00	600,33	1,68
Ap. Ponto	16,7	16,7	0,17	1.100,00	1,00	183,70	0,52
Fiel	16,7	16,7	0,17	1.100,00	1,00	183,70	0,52
Motor.Arm	16,7	16,7	0,17	1.310,00	1,00	218,77	0,61
Ferrame.	16,7	16,7	0,17	1.100,00	1,00	183,70	0,52
Secretária	16,7	16,7	0,17	1.300,00	1,00	217,10	0,61
Eq.geotec	25,0	25,0	0,25	20.400,00	1,00	5100,00	14,30
Lab.	20,0	20,0	0,20	9.780,00	1,00	1956,00	5,48
Serv. Lab.	20,0	20,0	0,20	1.100,00	2,00	440,00	1,23
Assist. médica	16,7	16,7	0,17	1.100,00	1,00	183,70	0,52
Guarda	16,7	16,7	0,17	2.493,99	1,00	416,50	1,17
						35.665,85	100,00

Fig.A3.4 – Cálculo do valor total da mão-de-obra – GACC (Euros)

	Abr-08	TOTAL	TOTAL/100	CUSTO/MÊS	UN	CUSTO TOTAL	%
Jumbo Axera 3 braços	0	0,00	0,00	36500,00	0,00	0,00	0,00
Jumbo E2C 2 braços+cesto	0	0,00	0,00	26000,00	0,00	0,00	0,00
Jumbo Minimatic 2 braços	0	0,00	0,00	7840,00	0,00	0,00	0,00
Multifunções rotativo	0	0,00	0,00	4000,00	0,00	0,00	0,00
Robot de projecção	25	25,00	0,25	9800,00	1,00	2450,00	10,02
Central de injeção Unigrout	25	25,00	0,25	1108,70	2,00	554,35	2,27
Bomba de swellex	0	0,00	0,00	76,25	0,00	0,00	0,00
Camião caixa basculante	25	25,00	0,25	6050,00	7,00	10587,50	43,28
Pá carregadora pneus	25	25,00	0,25	4235,00	1,00	1058,75	4,33
Pá mineira pneus	0	0,00	0,00	10000,00	2,00	0,00	0,00
Viatura ligeira de apoio	25	25,00	0,25	6000,00	1,00	1500,00	6,13
Escavadora hidráulica 32ton	25	25,00	0,25	6000,00	1,00	1500,00	6,13
Camião grua	16,7	16,70	0,17	6776,00	1,00	1131,59	4,63
Tractor + Jopper	16,7	16,70	0,17	1320,00	1,00	220,44	0,90
Gerador 500 KVA	25	25,00	0,25	5620,00	1,00	1405,00	5,74
Compressor móvel 12 m ³	25	25,00	0,25	998,79	1,00	249,70	1,02
Compressor fixo	0	0,00	0,00	2702,88	0,00	0,00	0,00
Rede Eléctrica-BT-galerias	16,7	16,70	0,17	555,56	1,00	92,78	0,38
P.T's (1000Kva + 400Kva)	0	0,00	0,00	2047,17	0,00	0,00	0,00
Bombas submersíveis	16,7	16,70	0,17	6102,47	1,00	1019,11	4,17
Rede esgotos - galerias	16,7	16,70	0,17	456,95	1,00	76,31	0,31
Rede água industrial*	16,7	16,70	0,17	456,95	1,00	76,31	0,31
Carro de abastecimento	16,7	16,70	0,17	1500,00	1,00	250,50	1,02
Manga de ventilação	25	25,00	0,25	934,08	1,00	233,52	0,95
Equipamento de ventilação	25	25,00	0,25	5139,06	1,00	1284,77	5,25
Filtro prensa	17	16,70	0,17	1544,44	0,00	0,00	0,00
LOGAC	25	25,00	0,25	2086,96	1,00	521,74	2,13
Martelo de Coluna	0	0,00	0,00	1000,00	0,00	0,00	0,00
Pórtico+guincho do PCV	0	0,00	0,00	10698,33	0,00	0,00	0,00
Diversos	16,7	16,70	0,17	1500,00	1,00	250,50	1,02
						24.462,87	100,00

Fig.A3.5 – Cálculo do valor total do equipamento e redes – GACC (Euros)

	Abr-08	TOTAL	TOTAL/100	CUSTO/MÊS	UN	CUSTO TOTAL	%
Medição de vibrações	25	25,00	0,25	1408,26	1,00	352,07	3,32
Raise Boring PCV DN5,10m	0	0,00	0,00	708496,22	0,00	0,00	0,00
Comunicação Rádio	16,7	16,70	0,17	1646,81	1,00	275,02	2,59
Contentores	16,7	16,70	0,17	12946,37	1,00	2162,04	20,37
Dormidas	16,7	16,70	0,17	2500,00	1,00	417,50	3,93
Contentor de frente	25	25,00	0,25	94,73	1,00	23,68	0,22
Manutenção de caminhos	16,7	16,70	0,17	1000,00	1,00	167,00	1,57
Transportes	16,7	16,70	0,17	4166,67	1,00	695,83	6,55
Transportes de pessoal	16,7	16,70	0,17	9600,00	1,00	1603,20	15,10
Água	16,7	16,70	0,17	350,00	1,00	58,45	0,55
Electricidade - EDP	16,7	16,70	0,17	4000,00	1,00	668,00	6,29
Telefone	16,7	16,70	0,17	1100,00	1,00	183,70	1,73
Ensaio diversos	16,7	16,70	0,17	5745,54	1,00	959,51	9,04
Estudos e projectos	16,7	16,70	0,17	7168,80	1,00	1197,19	11,28
Ambiente	16,7	16,70	0,17	3857,66	1,00	644,23	6,07
Gastos Expediente	16,7	16,70	0,17	250,00	1,00	41,75	0,39
Mobiliário de escritório	16,7	16,70	0,17	2521,58	1,00	421,10	3,97
Segurança – EPI's	16,7	16,70	0,17	900,00	1,00	150,30	1,42
Passaporte de Segurança	16,7	16,70	0,17	2281,96	1,00	381,09	3,59
Despesas de representação	16,7	16,70	0,17	200,00	1,00	33,40	0,31
Informática	16,7	16,70	0,17	1080,13	1,00	180,38	1,70
						10.615,44	100,00

Fig.A3.6 – Cálculo do valor total de subempreitadas e outros – GACC (Euros)

3. GAR

	Fev-08	Mai-08	Jun-08	TOTAL	TOTAL/100	CUSTO/MÊS	UN	CUSTO TOTAL	%
Mart.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.162,16	0,00	0,00	0,00
Elect.	7,15	16,70	16,70	40,55	0,41	2.162,16	5,00	4383,78	5,22
Serra.	7,15	16,70	16,70	40,55	0,41	2.162,16	3,00	2630,27	3,13
Mec.	7,15	16,70	16,70	40,55	0,41	2.162,16	4,00	3507,02	4,18
Lubri.	7,15	16,70	16,70	40,55	0,41	1.700,00	1,00	689,35	0,82
Serv.	7,15	16,70	16,70	40,55	0,41	1.100,00	2,00	892,10	1,06
Man robot	10,00	25,00	25,00	60,00	0,60	2.162,16	2,00	2594,59	3,09
Man pá carreg	10,00	25,00	25,00	60,00	0,60	2.162,16	2,00	2594,59	3,09
Plantão	7,15	16,70	16,70	40,55	0,41	1.100,00	1,00	446,05	0,53
Motor.pes	10,00	25,00	25,00	60,00	0,60	2.162,16	7,00	9081,07	10,81
Enc.escav	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4.823,20	0,00	0,00	0,00
Arvorado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.218,05	0,00	0,00	0,00
Enc. Mec.	7,15	16,70	16,70	40,55	0,41	3.012,03	1,00	1221,38	1,45
Enc. Elec.	7,15	16,70	16,70	40,55	0,41	3.012,03	1,00	1221,38	1,45
Eng. Adj.	12,50	25,00	25,00	62,50	0,63	5.000,00	1,00	3125,00	3,72
Eng.Prod	12,50	25,00	25,00	62,50	0,63	7.864,45	1,00	4915,28	5,85
Dir.técñ	7,15	16,70	16,70	40,55	0,41	16.279,38	1,00	6601,29	7,86
Eng.Ar.Técñ	7,15	16,70	16,70	40,55	0,41	7.864,45	1,00	3189,03	3,80
Eng.Qual.Amb	7,15	16,70	16,70	40,55	0,41	3.200,00	1,00	1297,60	1,54
Eng.Gest.Seg	7,15	16,70	16,70	40,55	0,41	3.200,00	1,00	1297,60	1,54
Eng.Electr	7,15	16,70	16,70	40,55	0,41	5.389,20	1,00	2185,32	2,60
Técñ.seg	7,15	16,70	16,70	40,55	0,41	2.432,90	3,00	2959,62	3,52
Apont. Seg	7,15	16,70	16,70	40,55	0,41	1.100,00	1,00	446,05	0,53
Top.	12,50	25,00	25,00	62,50	0,63	6.100,00	1,00	3812,50	4,54
Porta	12,50	25,00	25,00	62,50	0,63	1.100,00	1,00	687,50	0,82
Prep.	12,50	16,70	16,70	45,90	0,46	3.069,43	1,00	1408,87	1,68
Med.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.069,43	0,00	0,00	0,00
Ch.adm	7,15	16,70	16,70	40,55	0,41	4.045,23	1,00	1640,34	1,95
Técñ.Adm	7,15	16,70	16,70	40,55	0,41	1.797,40	2,00	1457,69	1,74
Ap. Ponto	7,15	16,70	16,70	40,55	0,41	1.100,00	1,00	446,05	0,53
Fiel	7,15	16,70	16,70	40,55	0,41	1.100,00	1,00	446,05	0,53
Motor.Arm	7,15	16,70	16,70	40,55	0,41	1.310,00	1,00	531,21	0,63
Ferrame.	7,15	16,70	16,70	40,55	0,41	1.100,00	1,00	446,05	0,53
Secretária	7,15	16,70	16,70	40,55	0,41	1.300,00	1,00	527,15	0,63
Eq.geotec	10,00	20,00	20,00	50,00	0,50	20.400,00	1,00	10200,00	12,14
Lab.	7,15	20,00	20,00	47,15	0,47	9.780,00	1,00	4611,27	5,49
Serv. Lab.	7,15	20,00	20,00	47,15	0,47	1.100,00	2,00	1037,30	1,24
Assist. médica	7,15	16,70	16,70	40,55	0,41	1.100,00	1,00	446,05	0,53
Guarda	7,15	16,70	16,70	40,55	0,41	2.493,99	1,00	1011,31	1,20
								83.987,72	100,00

Fig.A3.7 – Cálculo do valor total da mão-de-obra – GAR (Euros)

	Fev-08	Mai-08	Jun-08	TOTAL	TOTAL/100	CUSTO/MÊS	UN	CUSTO TOTAL	%
Jumbo Axera 3 braços	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	36500,00	0,00	0,00	0,00
Jumbo E2C 2 braços+cesto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	26000,00	0,00	0,00	0,00
Jumbo Minimatic 2 braços	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7840,00	0,00	0,00	0,00
Multifunções rotativo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4000,00	0,00	0,00	0,00
Robot de projecção	20,00	25,00	25,00	70,00	0,70	9800,00	1,00	6860,00	10,02
Central de injeção Unigrout	20,00	25,00	25,00	70,00	0,70	1108,70	2,00	1552,18	2,27
Bomba de swellex	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	76,25	0,00	0,00	0,00
Camião caixa basculante	20,00	25,00	25,00	70,00	0,70	6050,00	7,00	29645,00	43,29
Pá carregadora pneus	20,00	25,00	25,00	70,00	0,70	4235,00	1,00	2964,50	4,33
Pá mineira pneus	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10000,00	2,00	0,00	0,00
Viatura ligeira de apoio	14,30	25,00	25,00	64,30	0,64	6000,00	1,00	3858,00	5,63
Escavadora hidráulica 32ton	14,30	25,00	25,00	64,30	0,64	6000,00	1,00	3858,00	5,63
Camião grua	14,30	16,70	16,70	47,70	0,48	6776,00	1,00	3232,15	4,72
Tractor + Jopper	14,30	16,70	16,70	47,70	0,48	1320,00	1,00	629,64	0,92
Gerador 500 KVA	20,00	25,00	25,00	70,00	0,70	5620,00	1,00	3934,00	5,74
Compressor móvel 12 m ³	20,00	50,00	50,00	120,00	1,20	998,79	1,00	1198,55	1,75
Compressor fixo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2702,88	0,00	0,00	0,00
Rede Eléctrica-BT-galerias	20,00	16,70	16,70	53,40	0,53	555,56	1,00	296,67	0,43
P.T's (1000Kva + 400Kva)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2047,17	0,00	0,00	0,00
Bombas submersíveis	16,70	16,70	16,70	50,10	0,50	6102,47	1,00	3057,34	4,46
Rede esgotos - galerias	16,70	16,70	16,70	50,10	0,50	456,95	1,00	228,93	0,33
Rede água industrial*	16,70	16,70	16,70	50,10	0,50	456,95	1,00	228,93	0,33
Carro de abastecimento	14,30	16,70	16,70	47,70	0,48	1500,00	1,00	715,50	1,04
Manga de ventilação	16,70	25,00	25,00	66,70	0,67	934,08	1,00	623,03	0,91
Equipamento de ventilação	16,70	25,00	25,00	66,70	0,67	5139,06	1,00	3427,75	5,01
Filtro prensa	0,00	16,70	16,70	33,40	0,33	1544,44	0,00	0,00	0,00
LOGAC	20,00	25,00	25,00	70,00	0,70	2086,96	1,00	1460,87	2,13
Martelo de Coluna	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1000,00	0,00	0,00	0,00
Pórtico+guincho do PCV	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10698,33	0,00	0,00	0,00
Diversos	14,30	16,70	16,70	47,70	0,48	1500,00	1,00	715,50	1,04
								68.486,55	100,00

Fig.A3.8 – Cálculo do valor total do equipamento e redes – GAR (Euros)

	Fev-08	Mai-08	Jun-08	TOTAL	TOTAL/100	CUSTO/MÊS	UN	CUSTO TOTAL	%
Medição de vibrações	20,00	25,00	25,00	70,00	0,70	1408,26	1,00	985,78	3,25
Raise Boring PCV DN5,10m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	708496,22	0,00	0,00	0,00
Comunicação Rádio	14,30	16,70	16,70	47,70	0,48	1646,81	1,00	785,53	2,59
Contentores	14,30	16,70	16,70	47,70	0,48	12946,37	1,00	6175,42	20,38
Dormidas	14,30	16,70	16,70	47,70	0,48	2500,00	1,00	1192,50	3,94
Contentor de frente	25,00	25,00	25,00	75,00	0,75	94,73	1,00	71,05	0,23
Manutenção de caminhos	14,30	16,70	16,70	47,70	0,48	1000,00	1,00	477,00	1,57
Transportes	14,30	16,70	16,70	47,70	0,48	4166,67	1,00	1987,50	6,56
Transportes de pessoal	14,30	16,70	16,70	47,70	0,48	9600,00	1,00	4579,20	15,11
Água	14,30	16,70	16,70	47,70	0,48	350,00	1,00	166,95	0,55
Electricidade - EDP	14,30	16,70	16,70	47,70	0,48	4000,00	1,00	1908,00	6,30
Telefone	14,30	16,70	16,70	47,70	0,48	1100,00	1,00	524,70	1,73
Ensaio diversos	14,30	16,70	16,70	47,70	0,48	5745,54	1,00	2740,62	9,04
Estudos e projectos	14,30	16,70	16,70	47,70	0,48	7168,80	1,00	3419,52	11,28
Ambiente	14,30	16,70	16,70	47,70	0,48	3857,66	1,00	1840,10	6,07
Gastos Expediente	14,30	16,70	16,70	47,70	0,48	250,00	1,00	119,25	0,39
Mobiliário de escritório	14,30	16,70	16,70	47,70	0,48	2521,58	1,00	1202,79	3,97
Segurança – EPI's	14,30	16,70	16,70	47,70	0,48	900,00	1,00	429,30	1,42
Passaporte de Segurança	14,30	16,70	16,70	47,70	0,48	2281,96	1,00	1088,49	3,59
Despesas de representação	14,30	16,70	16,70	47,70	0,48	200,00	1,00	95,40	0,31
Informática	14,30	16,70	16,70	47,70	0,48	1080,13	1,00	515,22	1,70
								30.304,33	100,00

Fig.A3.9 – Cálculo do valor total de subempreitadas e outros – GAR (Euros)

4. TROÇO INFERIOR DA GALERIA EM CARGA

	Mai-08	Jun-08	Jul-08	Ago-08	Set-08	TOTAL	TOTAL/100	CUSTO/MÊS	UN	CUSTO TOTAL	%
Mart.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.162,16	0,00	0,00	0,00
Elect.	16,70	16,70	25,00	16,70	16,70	91,80	0,92	2.162,16	5,00	9924,31	11,82
Serra.	16,70	16,70	25,00	16,70	16,70	91,80	0,92	2.162,16	3,00	5954,59	7,09
Mec.	16,70	16,70	25,00	16,70	16,70	91,80	0,92	2.162,16	4,00	7939,45	9,45
Lubri.	16,70	16,70	25,00	16,70	16,70	91,80	0,92	1.700,00	1,00	1560,60	1,86
Serv.	16,70	16,70	25,00	16,70	16,70	91,80	0,92	1.100,00	2,00	2019,60	2,40
Man robot	25,00	25,00	25,00	33,00	33,00	141,00	1,41	2.162,16	2,00	6097,29	7,26
Man pá carreg	25,00	25,00	25,00	33,00	33,00	141,00	1,41	2.162,16	2,00	6097,29	7,26
Plantão	16,70	16,70	25,00	16,70	16,70	91,80	0,92	1.100,00	1,00	1009,80	1,20
Motor.pes	25,00	25,00	25,00	33,00	33,00	141,00	1,41	2.162,16	7,00	21340,52	25,41
Enc.escav	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4.823,20	0,00	0,00	0,00
Arvorado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.218,05	0,00	0,00	0,00
Enc. Mec.	16,70	16,70	25,00	16,70	16,70	91,80	0,92	3.012,03	1,00	2765,04	3,29
Enc. Elec.	16,70	16,70	25,00	16,70	16,70	91,80	0,92	3.012,03	1,00	2765,04	3,29
Eng. Adj.	25,00	25,00	25,00	33,00	25,00	133,00	1,33	5.000,00	1,00	6650,00	7,92
Eng.Prod	25,00	25,00	25,00	33,00	25,00	133,00	1,33	7.864,45	1,00	10459,72	12,45
Dir.técn	16,70	16,70	25,00	16,70	16,70	91,80	0,92	16.279,38	1,00	14944,47	17,79
Eng.Ar.Técn	16,70	16,70	25,00	16,70	16,70	91,80	0,92	7.864,45	1,00	7219,57	8,60
Eng.Qual.Amb	16,70	16,70	25,00	16,70	16,70	91,80	0,92	3.200,00	1,00	2937,60	3,50
Eng.Gest.Seg	16,70	16,70	25,00	16,70	16,70	91,80	0,92	3.200,00	1,00	2937,60	3,50
Eng.Electr	16,70	16,70	25,00	16,70	16,70	91,80	0,92	5.389,20	1,00	4947,29	5,89
Técn.seg	16,70	16,70	25,00	16,70	16,70	91,80	0,92	2.432,90	3,00	6700,21	7,98
Apont. Seg	16,70	16,70	25,00	16,70	16,70	91,80	0,92	1.100,00	1,00	1009,80	1,20
Top.	25,00	25,00	25,00	33,00	25,00	133,00	1,33	6.100,00	1,00	8113,00	9,66
Porta	25,00	25,00	25,00	33,00	25,00	133,00	1,33	1.100,00	1,00	1463,00	1,74
Prep.	16,70	16,70	25,00	16,70	16,70	91,80	0,92	3.069,43	1,00	2817,74	3,35
Med.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.069,43	0,00	0,00	0,00
Ch.adm	16,70	16,70	25,00	16,70	16,70	91,80	0,92	4.045,23	1,00	3713,52	4,42
Técn.Adm	16,70	16,70	25,00	16,70	16,70	91,80	0,92	1.797,40	2,00	3300,03	3,93
Ap. Ponto	16,70	16,70	25,00	16,70	16,70	91,80	0,92	1.100,00	1,00	1009,80	1,20
Fiel	16,70	16,70	25,00	16,70	16,70	91,80	0,92	1.100,00	1,00	1009,80	1,20
Motor.Arm	16,70	16,70	25,00	16,70	16,70	91,80	0,92	1.310,00	1,00	1202,58	1,43
Ferrame.	16,70	16,70	25,00	16,70	16,70	91,80	0,92	1.100,00	1,00	1009,80	1,20
Secretária	16,70	16,70	25,00	16,70	16,70	91,80	0,92	1.300,00	1,00	1193,40	1,42
Eq.geotec	20,00	20,00	25,00	33,00	33,00	131,00	1,31	20.400,00	1,00	26724,00	31,82
Lab.	20,00	20,00	20,00	16,70	16,70	93,40	0,93	9.780,00	1,00	9134,52	10,88
Serv. Lab.	20,00	20,00	20,00	16,70	16,70	93,40	0,93	1.100,00	2,00	2054,80	2,45
Assist. médica	16,70	16,70	25,00	16,70	16,70	91,80	0,92	1.100,00	1,00	1009,80	1,20
Guarda	16,70	16,70	25,00	16,70	16,70	91,80	0,92	2.493,99	1,00	2289,48	2,73
										191.325,06	227,80

Fig.A3.10 – Cálculo do valor total da mão-de-obra – troço inferior da galeria em carga (Euros)

	Mai-08	Jun-08	Jul-08	Ago-08	Set-08	TOTAL	TOTAL/100	CUSTO/MÊS	UN	CUSTO TOTAL	%
Jumbo Axera 3 braços	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	36500,00	0,00	0,00	0,00
Jumbo E2C 2 braços+cesto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	26000,00	0,00	0,00	0,00
Jumbo Minimatic 2 braços	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7840,00	0,00	0,00	0,00
Multifunções rotativo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4000,00	0,00	0,00	0,00
Robot de projecção	25,00	25,00	25,00	33,00	33,00	141,00	1,41	9800,00	1,00	13818,00	20,18
Central de injeção Unigrout	25,00	25,00	25,00	33,00	33,00	141,00	1,41	1108,70	2,00	3126,53	4,57
Bomba de swellex	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	76,25	0,00	0,00	0,00
Camião caixa basculante	25,00	25,00	25,00	33,00	33,00	141,00	1,41	6050,00	7,00	59713,50	87,19
Pá carregadora pneus	25,00	25,00	25,00	33,00	33,00	141,00	1,41	4235,00	1,00	5971,35	8,72
Pá mineira pneus	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10000,00	2,00	0,00	0,00
Viatura ligeira de apoio	25,00	25,00	33,00	33,00	25,00	141,00	1,41	6000,00	1,00	8460,00	12,35
Escavadora hidráulica 32ton	25,00	25,00	20,00	33,00	25,00	128,00	1,28	6000,00	1,00	7680,00	11,21
Camião grua	16,70	16,70	25,00	16,70	16,70	91,80	0,92	6776,00	1,00	6220,37	9,08
Tractor + Jopper	16,70	16,70	25,00	16,70	16,70	91,80	0,92	1320,00	1,00	1211,76	1,77
Gerador 500 KVA	25,00	25,00	33,00	0,00	0,00	83,00	0,83	5620,00	1,00	4664,60	6,81
Compressor móvel 12 m ³	50,00	50,00	25,00	0,00	0,00	125,00	1,25	998,79	1,00	1248,49	1,82
Compressor fixo	0,00	0,00	0,00	25,00	33,00	58,00	0,58	2702,88	0,00	0,00	0,00
Rede Eléctrica-BT-galerias	16,70	16,70	25,00	25,00	25,00	108,40	1,08	555,56	1,00	602,23	0,88
P.T's (1000Kva + 400Kva)	0,00	0,00	0,00	16,70	33,00	49,70	0,50	2047,17	0,00	0,00	0,00
Bombas submersíveis	16,70	16,70	20,00	16,70	16,70	86,80	0,87	6102,47	1,00	5296,94	7,73
Rede esgotos - galerias	16,70	16,70	20,00	25,00	25,00	103,40	1,03	456,95	1,00	472,49	0,69
Rede água industrial*	16,70	16,70	20,00	25,00	25,00	103,40	1,03	456,95	1,00	472,49	0,69
Carro de abastecimento	16,70	16,70	25,00	16,70	16,70	91,80	0,92	1500,00	1,00	1377,00	2,01
Manga de ventilação	25,00	25,00	33,00	33,00	33,00	149,00	1,49	934,08	1,00	1391,78	2,03
Equipamento de ventilação	25,00	25,00	33,00	33,00	33,00	149,00	1,49	5139,06	1,00	7657,20	11,18
Filtro prensa	16,70	16,70	25,00	16,70	25,00	100,10	1,00	1544,44	0,00	0,00	0,00
LOGAC	25,00	25,00	25,00	33,00	33,00	141,00	1,41	2086,96	1,00	2942,61	4,30
Martelo de Coluna	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1000,00	0,00	0,00	0,00
Pórtico+guincho do PCV	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10698,33	0,00	0,00	0,00
Diversos	16,70	16,70	25,00	16,70	16,70	91,80	0,92	1500,00	1,00	1377,00	2,01
										133.704,34	195,23

Fig.A3.11 – Cálculo do valor total do equipamento e redes – troço inferior da galeria em carga (Euros)

	Mai-08	Jun-08	Jul-08	Ago-08	Set-08	TOTAL	TOTAL/100	CUSTO/MÊS	UN	CUSTO TOTAL	%
Medição de vibrações	25,00	25,00	25,00	33,00	33,00	141,00	1,41	1408,26	1,00	1985,65	6,55
Raise Boring PCV DN5,10m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	708496,22	0,00	0,00	0,00
Comunicação Rádio	16,70	16,70	25,00	16,70	16,70	91,80	0,92	1646,81	1,00	1511,77	4,99
Contentores	16,70	16,70	25,00	16,70	16,70	91,80	0,92	12946,37	1,00	11884,77	39,22
Dormidas	16,70	16,70	25,00	16,70	16,70	91,80	0,92	2500,00	1,00	2295,00	7,57
Contentor de frente	25,00	25,00	33,00	33,00	33,00	149,00	1,49	94,73	1,00	141,15	0,47
Manutenção de caminhos	16,70	16,70	25,00	16,70	16,70	91,80	0,92	1000,00	1,00	918,00	3,03
Transportes	16,70	16,70	25,00	16,70	16,70	91,80	0,92	4166,67	1,00	3825,00	12,62
Transportes de pessoal	16,70	16,70	25,00	16,70	16,70	91,80	0,92	9600,00	1,00	8812,80	29,08
Água	16,70	16,70	25,00	16,70	16,70	91,80	0,92	350,00	1,00	321,30	1,06
Electricidade - EDP	16,70	16,70	25,00	16,70	16,70	91,80	0,92	4000,00	1,00	3672,00	12,12
Telefone	16,70	16,70	25,00	16,70	16,70	91,80	0,92	1100,00	1,00	1009,80	3,33
Ensaio diversos	16,70	16,70	25,00	16,70	16,70	91,80	0,92	5745,54	1,00	5274,41	17,40
Estudos e projectos	16,70	16,70	25,00	16,70	16,70	91,80	0,92	7168,80	1,00	6580,96	21,72
Ambiente	16,70	16,70	25,00	16,70	16,70	91,80	0,92	3857,66	1,00	3541,33	11,69
Gastos Expediente	16,70	16,70	25,00	16,70	16,70	91,80	0,92	250,00	1,00	229,50	0,76
Mobiliário de escritório	16,70	16,70	25,00	16,70	16,70	91,80	0,92	2521,58	1,00	2314,81	7,64
Segurança – EPI's	16,70	16,70	25,00	16,70	16,70	91,80	0,92	900,00	1,00	826,20	2,73
Passaporte de Segurança	16,70	16,70	25,00	16,70	16,70	91,80	0,92	2281,96	1,00	2094,84	6,91
Despesas de representação	16,70	16,70	25,00	16,70	16,70	91,80	0,92	200,00	1,00	183,60	0,61
Informática	16,70	16,70	25,00	16,70	16,70	91,80	0,92	1080,13	1,00	991,56	3,27
										58.414,44	192,76

Fig.A3.12 – Cálculo do valor total de subempreitadas e outros – troço inferior da galeria em carga (Euros)